

**POLITEHNIKA PULA**

Visoka tehničko – poslovna škola s p.j.

Specijalistički diplomski stručni studij

**„KREATIVNI MENADŽMENT U PROCESIMA“**

**DRAGO PUJAS**

**VJETROAGREGATI KAO OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE**

**DIPLOMSKI RAD**

PULA, 2016.

**POLITEHNIKA PULA**  
Visoka tehničko – poslovna škola s p.j.  
Specijalistički diplomski stručni studij  
**„KREATIVNI MENADŽMENT U PROCESIMA“**

**DRAGO PUJAS**

**VJETROAGREGATI KAO OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE**  
**DIPLOMSKI RAD**

Predmet: Energetska učinkovitost

Mentor: Mr. sc. Davor Mišković

Student: Drago Pujas

Pula, studeni 2016.

# SADRŽAJ

SADRŽAJ .....	3
1. UVOD .....	4
1.1. Problem, predmet i objekt istraživanja.....	4
1.2. Hipoteza.....	4
1.3. Svrha i ciljevi istraživanja .....	5
1.4. Znanstvene metode.....	5
1.5. Struktura rada .....	5
2. TEMELJNE ZNAČAJKE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE .....	7
2.1. Pojemno određenje obnovljivih izvora energije.....	7
2.2. Geotermalna energija .....	7
2.3. Energija valova.....	9
2.4. Energija plime i oseke .....	10
2.4. Energija vodotoka-Hidroelektrana .....	11
2.5. Energija vjetra .....	12
2.6. Energija Sunca.....	13
2.8. Biomasa i biogoriva.....	16
2.8. Energija vodika.....	21
2.9. Potrošnja energije iz obnovljivih izvora u Hrvatskoj i svijetu .....	23
3. TEMELJNE ZNAČAJKE VJETROELEKTRANA I VJETROAGREGATA .....	28
3.1. Pojam i karakteristike vjetroagregata .....	28
3.2. Vjetroelektrane u Hrvatskoj .....	32
3.3. Cijena energije iz vjetroelektrana.....	36
4. KITEGEN – RAZVOJ I PRINCIP RADA .....	41
4.1. Pojemno određenje KiteGen-a .....	41
4.2. Vrste KiteGen-a.....	44
ZAKLJUČAK .....	50
POPIS LITERATURE .....	52
POPIS PRILOGA.....	55

## 1. UVOD

*U uvodu su obrađene sljedeće tematske jedinice: 1) Problem, predmet i objekt istraživanja, 2) Radna hipoteza, 3) Svrha i ciljevi istraživanja, 4) Znanstvene metode i 5) Struktura rada.*

### 1.1. Problem, predmet i objekt istraživanja

**Problem istraživanja** je sljedeći: Energija je ono bez čega je život danas nezamisliv i svjedoci smo iskorištavanja različitih oblika energije i njihove pretvorbe kako bi se zadovoljile potrebe suvremene civilizacije. Energija vjetra jedan je od oblika energije koji je dostupan u prirodi i čije je iskorištavanje vrlo efikasno putem vjetroelektrana. Takvu prednost uočili su i u Republici Hrvatskoj, gdje se grade iste. Među najnovijim dostignućima u proizvodnji vjetroatregata, izdvaja se tvrtka KiteGen iz Italije koja istražuje nove mogućnosti iskorištavanja visokih vjetrova za proizvodnju električne energije.

Iz navedenog problema istraživanja, proizlazi sljedeći **predmet istraživanja**: istražiti značajke obnovljivih izvora energije kao što su vjetroelektrane, kakva je situacija s istima u Republici Hrvatskoj, uz poseban naglasak na mogućnost primjene zračnih vjetroatregata KiteGen na području Republike Hrvatske, posebice Istarske županije.

Prethodno navedeni problem ima tri **objekta istraživanja**, a to su: obnovljivi izvori energije, vjetroelektrane i KiteGen projekt.

### 1.2. Hipoteza

Na temelju saznanja o funkciji vjetroelektrana i njihovu organiziranju te o gradnji istih u Republici Hrvatskoj, moguće je dokazati da ovaj oblik iskorištavanja energije ima vrlo veliku efikasnost. Uz suvremene inovacije poput KiteGen-a, vjetroelektrane imaju budućnost zbog mogućnosti primjene i specifičnog geografskog položaja Republike Hrvatske.

### 1.3. Svrha i ciljevi istraživanja

**Svrha i ciljevi istraživanja** su: istražiti značajke obnovljivih izvora energije s naglaskom na vjetroelektrane, kao što su pojmovno određenje, način rada i prednosti i nedostaci istih. Nadalje, treba obraditi posebnosti suvremenih dostignuća u vjetroelektranama, kao što su KiteGen sustavi. U konačnici je potrebno primjereno formulirati i predložiti rezultate istraživanja, sukladno elementima istraživanja i pretpostavljenoj hipotezi, te praktično primijeniti cjelokupno učenje i znanja dobivena na specijalističkom diplomskom studiju Kreativni menadžment u procesima.

### 1.4. Znanstvene metode

U izradi ovoga diplomskog rada korišteno je sveobuhvatno istraživanje vezano uz problem i predmet istraživanja. Proučena je literatura iz područja obnovljivih izvora energije i vjetroelektrana. Prikupljena se saznanja ovim radom izlažu te se na kraju donose zaključci. Pri izradi ovoga rada korištene su sljedeće znanstvene metode: povijesna metoda, metoda analize i sinteze, induktivna i deduktivna metoda, metoda klasifikacije, komparativna metoda, metoda kompilacije, metoda deskripcije, te metoda dokazivanja. Prilikom obrade literature korištene su povijesna metoda, metoda analize i sinteze, induktivna i deduktivna metoda, metoda klasifikacije te metoda komparacije. Citati i grafički prikazi preuzeti iz korištene literature prikazani su metodom kompilacije. Prilikom izrade rada korištena je i metoda istraživanja za stolom s obzirom na to da su teorijski podaci prikupljeni iz sekundarnih izvora.

### 1.5. Struktura rada

U prvom dijelu, **Uvodu**, navedeni su problem, predmet i objekt istraživanja, radna hipoteza i pomoćne hipoteze, svrha i ciljevi istraživanja, znanstvene metode te je obrazložena struktura rada.

Naslov drugog dijela rada je **Temeljne značajke obnovljivih izvora energije** i obrađuje pojmovno određenje obnovljivih izvora energije, geotermalnu energiju, energiju

valova, energiju vodotoka, energiju vjetra, energiju Sunca, biomasu i biogoriva te potrošnju energije iz obnovljivih izvora u Hrvatskoj i svijetu.

**Temeljne značajke vjetroelektrana i vjetroatregata** naslov je trećeg dijela rada i obrađuje pojam i karakteristike vjetroatregata te vjetroelektrane u Hrvatskoj.

U četvrtom dijelu rada s naslovom **KITEGEN – razvoj i princip rada** obrađuje se pojmovno određenje KiteGen-a i vrste KiteGen-a.

**Zaključak** predstavlja sintezu rezultata kojima je dokazivana radna hipoteza.

## 2. TEMELJNE ZNAČAJKE OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE

### 2.1. Pojmovno određenje obnovljivih izvora energije

Obnovljivi izvori energije su u posljednjih desetak godina najbrže rastući segment proizvodnje energije, prije svega električne energije. Postali su, u marketinškom smislu, brand, koji i institucionalno dobiva dimenziju kroz certificiranje kao „zelena energija“.<sup>1</sup>

Osnovne karakteristike obnovljivih izvora su:<sup>2</sup>

- obnovljivi izvori nisu jeftini izvori energije, naprotiv skuplji su u odnosu na fosilna goriva i zahtijevaju financijsku potporu
- tehnologije ili goriva zahtijevaju znatni utrošak energije, što smanjuje učinkovitost pretvorbe u korisnu energiju
- neke tehnologije zahtijevaju velike prostore
- postoji potencijalni sukob između proizvodnje energije i hrane

Najzanimljiviji obnovljivi izvori energije su:<sup>3</sup> geotermalna energija, energija valova, energija plime i oseke, energija vodotoka-Hidroelektrana, energija vjetra, energija sunca, biomasa i biogoriva, energija vodika.

### 2.2. Geotermalna energija

Geotermalna energija odnosi se na korištenje topline unutrašnjosti Zemlje. Da bi se ta energija iskoristila, razvijene su mnoge tehnologije, ali pojednostavljeno možemo izdvojiti dva osnovna načina: izravno i neizravno. Izravno korištenje znači korištenje vruće vode koja izbija (ili se ispumpa) iz podzemlja. Ono može biti raznoliko: od korištenja u toplicama, za grijanje kuća ili staklenika ili za pojedine postupke u industriji (npr. pasterizacija mlijeka).

---

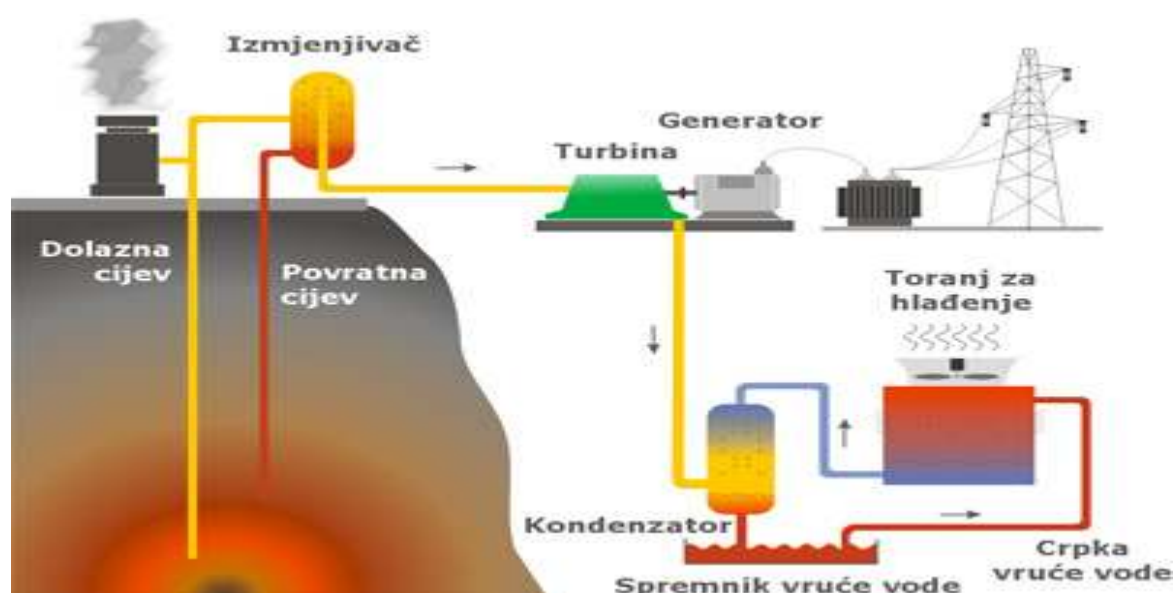
<sup>1</sup> Granić G., Kako promišljati energetska budućnost?, Dnevnik, Zagreb, 2010., str. 25.

<sup>2</sup> Granić G., Kako promišljati energetska budućnost?, Dnevnik, Zagreb, 2010., str. 26.

<sup>3</sup> Obnovljivi izvori energije < [http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/habjanac/Obnovljivi\\_izvori.html](http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/habjanac/Obnovljivi_izvori.html) > (11.11.16.)

Indirektno korištenje geotermalne energije znači dobivanje električne struje. Ovdje se princip rada ne razlikuje bitno od klasičnih termoelektrana na ugljen ili mazut-razlika je samo u načinu na koji se dobiva vodena para. Ovisno o temperaturi vode (ili pare) u podzemlju, razvijeno je nekoliko različitih tehnologija. Prednost ovog izvora energije jest to da je jeftin, stabilan i trajan izvor, nema potrebe za gorivom, u pravilu nema štetnih emisija, osim vodene pare, ali ponekad mogu biti i drugi plinovi. Slabosti proizlaze iz činjenice da je malo mjesta na Zemlji gdje se vrela voda u podzemlju ne nalazi na prevelikoj dubini-takva područja, tzv. geotermalne zone, vezana su uz vulkanizam ili granice litosfernih ploča. Kako su to često i potresna područja, sama gradnja postrojenja zahtijeva povećane troškove. Često su udaljena od naseljenih područja pa se stvaraju troškovi prijenosa energije, a ponekad su zaštićena pa gradnja nije dopuštena (npr. NP Yellowstone). Među zemljama koje prednjače u iskorištavanju ovakvoga oblika energije jesu SAD, Filipini, Meksiko, Japan.

Slika 1: Princip rada geotermalne elektrane



Izvor:

<http://www.obnovljivi.com/geotermalna-energija/67-iskoristavanje-geotermalne-energije-u-energetici?showall=1> (14.11.16.)



### 2.3. Energija valova

Energija valova je oblik transformirane Sunčeve energije koja stvara stalne vjetrove na nekim dijelovima Zemlje. Ti vjetrovi uzrokuju stalnu valovitost na određenim područjima i to su mjesta na kojima je moguće iskorištavanje njihove energije. Veliki je problem to da elektrane treba graditi na pučini jer u blizini obale valovi slabe. To znatno povećava cijenu gradnje, ali nastaju i problemi prijenosa te energije do korisnika. Rezultati u trenutnoj fazi dospjeli su tek do prototipova i demonstracijskih uređaja. Na slici se vidi princip pretvorbe energije valova u električnu energiju. Energija valova prvo se pretvara u strujanje, a strujanje potom pokreće turbinu. Amplituda valova mora biti velika da bi pretvorba bila učinkovitija.

Slika 2: Princip rada elektrane na valove



Izvor: [http://powerlab.fsb.hr/enerpedia/index.php?title=Ostali\\_izvori](http://powerlab.fsb.hr/enerpedia/index.php?title=Ostali_izvori) (14.11.16.)

## 2.4. Energija plime i oseke

Najpoznatija elektrana koja iskorištava energiju plime i oseke na ušću je rijeke Rance u Francuskoj. Izgrađena je 1960-ih i još uvijek radi. Energija plime i oseke dolazi od gravitacijskih sila Sunca i Mjeseca. Zasad još nema većih komercijalnih dosega na eksploataciji te energije, ali potencijal nije malen. Ta se energija može dobivati tamo gdje su morske mijene izrazito naglašene (npr. ima mjesta gdje je razlika između plime i oseke veća od 10 metara). Princip je jednostavan i vrlo je sličan principu hidroelektrane. Na ulazu u određeni zaljev postavi se brana i kad se razina vode digne, voda se propušta preko turbine u zaljev. Kad se zaljev napuni, brana se zatvara i čeka se da razina vode padne. Tad se voda po istom principu propušta van iz zaljeva. U jednostavnijem slučaju, voda se propušta kroz turbine samo u jednom smjeru i u tom slučaju turbine su jednostavnije (jednosmjerne, a ne dvosmjerne). Glavni problemi kod takvog iskorištavanja energije plime i oseke su nestalnost (treba čekati da se razina vode dovoljno digne ili padne) i mali broj mjesta pogodnih za iskorištavanje takvog oblika energije. Rusija je izgradila malu elektranu kod Murmanska, Kanada u zaljevu Fundy, Kina ima nekoliko izgrađenih elektrana, ali niti jedna od tih zemalja nije ostvarila značajan napredak. Alternativni način korištenja odnosi se na lokaciju elektrana u morskim tjesnacima, gdje se zbog kanaliziranja plimnog vala povećava njegova energija, a za pogon generatora koristile bi se podvodne turbine slične kao kod vjetroelektrana. Na isti način nastoji se iskoristiti i energija morskih struja, ali je ta tehnologija još u povojima.

Slika 3: Princip rada elektrane na valove

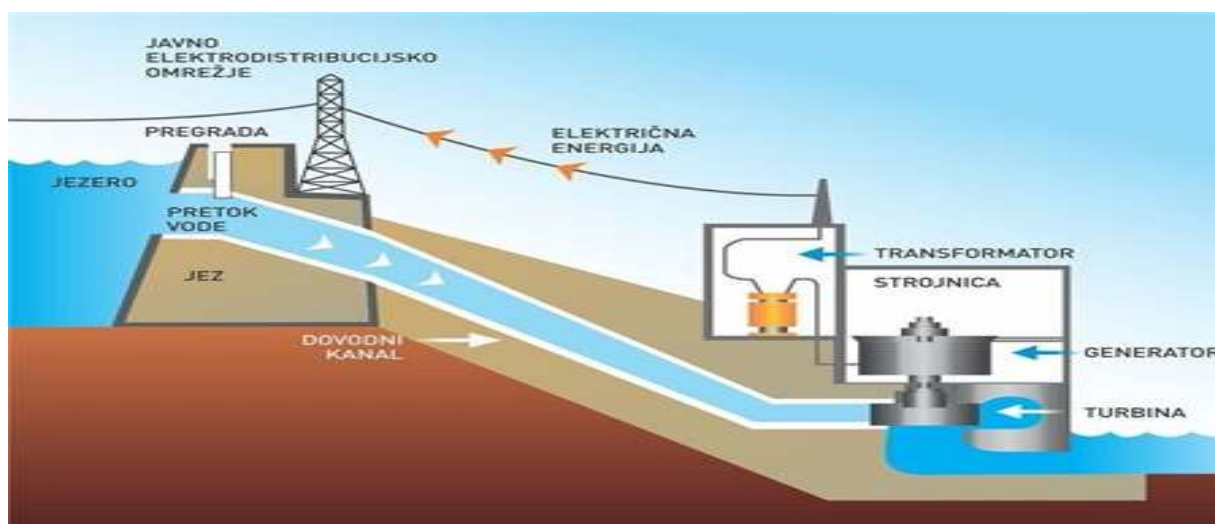


Izvor: <http://www.tehno-dom.hr/obnovljivi-izvori-energije/more> (14.11.16.)

## 2.4. Energija vodotoka-Hidroelektrana

Kad se govori o hidroelektranama kao objektima u kojima se energija vodotokova pretvara u električnu energiju, radi se o primjeni zrelih tehnologija koje su već dugi niz godina u primjeni, pa su tehnička rješenja izvedbe ovih postrojenja vrlo pouzdana u pogonu. Unaprjeđenjem postojećih tehnologija, uvođenjem novih materijala i poboljšavanjem izvedbe regulacije, očekuje se porast učinkovitosti vodnih turbina do čak 95 posto i širenje radnih područja. U posljednje vrijeme zamjetan je znatan napredak i u konstrukciji cijevnih turbina čime se omogućava energetska iskorištavanje sasvim malih geodetskih padova na vodotocima. Generatori za pretvorbu mehaničke u električnu energiju također su već na visokom tehnološkom stupnju razvoja. U većini slučajeva koriste se sinkroni hidrogeneratori koji imaju visoke faktore učinkovitosti, dok se kod malih hidroelektrana često koriste asinkroni generatori, prvenstveno zbog niže cijene i jednostavnijeg održavanja. Osnovna zapreka daljnjem iskorištavanju hidropotencijala nije razvoj tehnologija, nego zaštita okoliša. Provođenjem mjera zaštite okoliša reduciran je broj potencijalnih lokacija za izgradnju malih elektrana, a izgradnja svake veće elektrane izaziva velika protivljenja stanovništva. Rješenja za male hidroelektrane jesu da se rade jednostavni objekti koji minimalno utječu na okoliš u aktivnoj suradnji stručnjaka za zaštitu okoliša na koncipiranju tehničkih rješenja.

Slika 4: Princip rada hidroelektrane



Izvor: <http://www.trajnostnaenergija.si/Trajnostna-energija/Proizvajajte/Obnovljivi-viri-energije/Vrste-obnovljivih-virov-energije/Vodna-energija> (14.11.16.)

## 2.5. Energija vjetra

U zadnjih 20-tak godina razvoj tehnologije za korištenje energije vjetra (vjetroatregata za proizvodnju električne energije) prošao je intenzivno razdoblje usavršavanja u kojem je nastao tehnički i tehnološki zreo, troškovno učinkovit i komercijalno prihvatljiv proizvod. Vjetroatregat je složen sustav u kojem su sve komponente međusobno elastično vezane. Razvoj u slučaju vjetroatregata primarno znači optimizaciju svih komponenata, ali i uvođenje novih i naprednih tehničkih rješenja radi, primjerice, redukcije mehaničkih opterećenja ili daljnje redukcije cijene na lokacijama s nižim vjetropotencijalom ili iznad morske pučine. Tipičan suvremeni vjetroatregat predstavlja trilopatični stroj s ili bez prijenosnog multiplikatora, jedinične snage u rasponu 800 kW do 3 MW, promjera rotora i visine stupa 50-100 m.

Slika 5: Vjetroatregat



Izvor: <http://sibenskiportal.rtl.hr/2014/06/05/foto-od-vjetra-iznad-danila-kraljice-otvorena-najveca-vjetroelektrana-u-hrvatskoj/> (14.11.16.)

Razvoj međutim nije završen, štoviše, vjetroenergetika je danas suočena s mogućnostima svog daljnjeg razvoja i rasta. Od aktualnih trendova svakako treba spomenuti trend promjene geometrije i veličine vjetroatregata, zbog čega je jedinična snaga porasla stotinjak puta u zadnjih 20-tak godina (s tipičnih 25 kW 1990. na 3 MW danas, uz tendenciju

daljnjeg porasta jedinične snage). U regulaciji snage, aktivna regulacija zakretanjem lopatica (tzv. *pitch* regulacija) sve više dominira, posebno u megavatnoj klasi vjetroagregata pa danas praktički 4/5 ponuđenih vjetroagregata na tržištu ima ovaj tip regulacije, koji u pravilu omogućava bolju kvalitetu proizvedene električne energije. Što se pak tiče brzine pogonske osovine, dok su nekad vjetroagregati uglavnom koristili fiksnu brzinu vrtnje, danas preko 3/5 svih rješenja na tržištu koristi promjenjivu brzinu vrtnje. Iako nešto skuplja zbog dodatne elektronike, ovakva su rješenja povoljnija s gledišta utjecaja na mrežu, smanjenja mehaničkih opterećenja te povećanja proizvodnje. Iako u proizvodnji vjetroagregata prednjače Danska, Njemačka, Španjolska i SAD, proizvodnja vjetroagregata je danas postala globalni biznis u koji su se uključile tvrtke iz većine razvijenih zemalja te Indije i Kine. Treba spomenuti da je u razvoj tehnologije za korištenje energije vjetra krenula i hrvatska industrija. Rezultat toga je prototip vjetroagregata proizvodnje Končar s direktnim pogonom i jediničnom snagom 1 MW koji je izveden na lokaciji u zaleđu Splita. Ovaj vjetroagregat trebao bi uključiti i određena upravljačka rješenja prikladna za specifičnosti hrvatskih vjetrovnih prilika (bura, nagle promjene jačine vjetra.....).

## 2.6. Energija Sunca

Najrasprostranjenije tehnologije korištenja Sunčeve energije su sunčevi toplinski kolektori i fotonaponski sustavi. Obje tehnologije odlikuje visoka tehnološka zrelost, jednostavna uporaba te mogućnosti samostalnog korištenja i korištenja u distribuiranim sustavima. Sunčevi toplinski kolektori u najvećoj mjeri koriste se u stambenim objektima za proizvodnju sanitarne tople vode i kao podrška grijanju. Do kraja 2008. godine u zemljama EU ukupno je instalirano preko 28 500 000 m<sup>2</sup> Sunčevih kolektora, odnosno oko 20 000 MW ekvivalentne toplinske snage. Fotonaponski sustavi prvenstveno su zanimljivi za opskrbu električnom energijom lokacija izvan elektroenergetske mreže. Uvođenjem povlaštenih otkupnih cijena (feed-in tarifa) u mnogim državama u zadnjem desetljeću kapacitet je fotonaponskih postrojenja spojenih na elektroenergetsku mrežu naglo porastao. Godine 2008. ukupni je instalirani kapacitet fotonaponskih sustava u zemljama EU iznosio je 9 533 MW, što predstavlja rast od 90 posto u odnosu na stanje iz 2007. godine. Vodeće zemlje EU prema instaliranom kapacitetu su Njemačka s 5 350 MW i Španjolska s 3 400 MW instalirane snage. Osim navedenih tehnologija, razvijene su tehnologije koncentriranja Sunčeva zračenja radi postizanja veće gustoće energije za primjenu u Sunčevim termoelektranama. U svijetu je



trenutačno instalirano više od 500 MW Sunčevih termoelektrana, uglavnom u pustinjskim predjelima SAD-a i na jugu Španjolske. Sunčevu energiju moguće je koristiti i za hlađenje prostora, što je posebno zanimljivo u turističko orijentiranom regijama budući da se profili energetske potreba za hlađenjem i dostupne energije podudaraju.

Slika 6: Sunčevi kolektori za proizvodnju električne energije



Izvor: <http://lajkeri.com/evo-koliko-nam-prostora-treba-za-opskrbu-zemlje-elektricnom-energijom-uz-pomoc-sunca/> (14.11.16.)

Energija Sunčeva zračenja izravno se može koristiti za proizvodnju električne energije fotonaponskim (FN) ćelijama. U literaturi s engleskog govornog područja za fotonaponsku pretvorbu upotrebljava se izraz „Photovoltaic“, skraćeno PV. Termin „Photovoltaic“ prvi put je upotrijebljen potkraj 19. stoljeća, a nastao je spajanjem grčke riječi *photo* (svjetlo) i riječi *volt* (po Alessandru Volti), što u doslovnom prijevodu znači “struja iz svjetla” i upravo takav prijevod najbolje opisuje princip rada fotonaponskih ćelija. Prema kvantnoj fizici, svjetlost ima dvojni karakter, ona je čestica i val. Čestice svjetlosti nazivaju se fotoni. Kad fotoni pogode fotonaponsku ćeliju, mogu se odbiti od nje, proći izravno kroz nju ili biti apsorbirani, tj. upijeni. Samo apsorbirani fotoni daju energiju za oslobađanje elektrona i proizvodnju električne struje, odnosno za fotonaponski efekt.<sup>4</sup>

Primjena FN-a počela je 1958. godine, najprije za američki svemirski program, a uspješnost FN-a u svemiru dovela je do komercijalnih primjena te tehnologije.

Godine 1839. Edmond Becquerel (1820. - 1891.) otkriva fotonaponski efekt. On je to opisao kao proizvodnju električne struje kada se dvije ploče platine ili zlata urone u kiselu, neutralnu ili lužnatu otopinu te izlože na nejednolik način Sunčevu zračenju. Bilo mu je 19

---

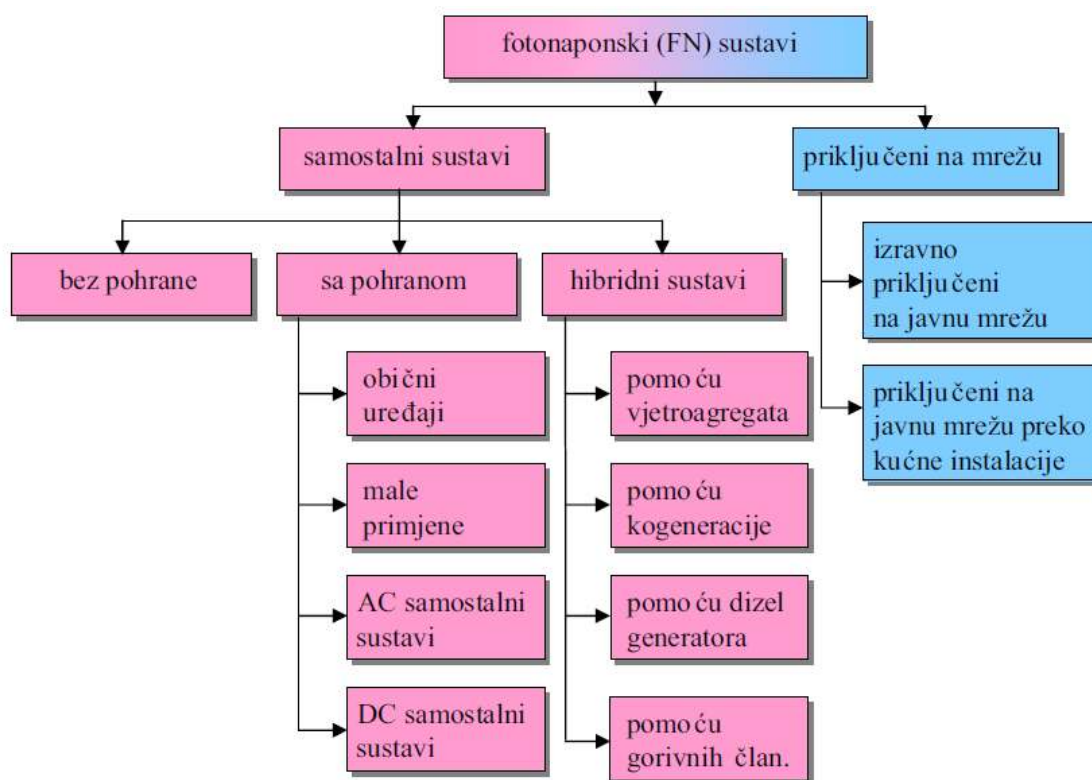
<sup>4</sup> Obnovljivi izvori energije <<http://www.g4g.com.hr/e-prirucnik/2-6.html>> (11.11.16.)

godina kada je to mogao učiniti u laboratoriju svojega oca Antoinea Cesara, uglednog znanstvenika, koji je radio na području elektrokemije, fiziologije, meteorologije i poljoprivrede. Edmond Becquerel je 1868. godine objavio važan rad pod naslovom "Svjetlost, njezino porijeklo i njezini efekti".

Njegovo otkriće u to doba nije pobudilo preveliki interes, ali nije bilo zaboravljeno sve do današnjih dana, kada je na 150. godišnjicu Europska unija osmislila nagradu koja nosi njegovo ime i dodjeljuje se jedanput godišnje za najistaknutiji doprinos razvoju fotonaponske pretvorbe Sunčeve energije. Edmondov sin Henry, nuklearni fizičar, prvi je francuski nobelovac i njemu u čast nazvana je SI-izvedena jedinica aktivnosti radioaktivne tvari *becquerel* (Bq). Nakon Becquerelova otkrića prošlo je više od 40 godina da bi tek 1883. godine Charles Fritts načinio prvu pravu solarnu ćeliju deponirajući na poluvodički selen tanki sloj zlata. Tako je ostvario potencijalnu barijeru na kontaktu metal-poluvodič.

Solarni fotonaponski sustavi (FN) mogu se podijeliti na dvije osnovne skupine: fotonaponski sustavi koji nisu priključeni na mrežu (engl. off-grid), a često se nazivaju i samostalnim sustavima (engl. stand-alone systems), i fotonaponski sustavi priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu (engl. on-grid).<sup>5</sup>

Slika 7: Klasifikacija fotonaponskih sustava



<sup>5</sup>Fotonaponski sustavi < <http://www.g4g.com.hr/e-prirucnik/2-6.html> > (11.11.16)

Fotonaponski sustavi koji nisu priključeni na mrežu, odnosno samostalni sustavi, mogu biti sa ili bez pohrane energije, što će ovisiti o vrsti primjene i načinu potrošnje energije, i hibridni sustavi koji mogu biti s vjetroagregatom, kogeneracijom, dizelskim generatorom ili gorivnim člancima.

Fotonaponski sustavi priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu mogu biti izravno priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu ili priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu preko kućne instalacije.

Fotonaponski sustavi (FN sustavi) pretvaraju Sunčevu energiju u električnu.

Osnovni elementi fotonaponskog sustava su:<sup>6</sup>

1. Fotonaponski moduli sa nosačima;
2. Regulator fotonaponskog sustava;
3. Pretvarač DC-AC, mrežni pretvarači ;
4. Baterijski sustav;
5. Fotonaponska ćelija.

Fotonaponska (FN, PV) ili sunčana ćelija je temeljni element fotonaponskog sustava. Električna energija proizvodi se u sunčanim ćelijama koje se sastoje od više slojeva pozitivno i negativno nabijenih poluvodiča, tzv. p-n spojeva. Kad Sunčeve zrake obasjaju sunčanu ćeliju, između tih slojeva poluvodiča stvara se napon koji uzrokuje protok električne energije. Drugim riječima, kad se solarna ćelija osvijetli, odnosno kad apsorbira Sunčevo zračenje, fotonaponskim se efektom na njezinim krajevima pojavljuje napon. Ako su kontakti ćelije spojeni s vanjskim trošilom, proteći će električna struja, a solarna ćelija postaje izvorom električne energije. Što je intenzitet Sunčeva zračenja veći, veći je i protok električne energije.

## 2.8. Biomasa i biogoriva

Biomasa je najraznovrsniji oblik obnovljivih izvora energije jer obuhvaća široki spektar sirovina biljnog i životinjskog porijekla iz kojih se mogu dobiti stabilni prinosi različitih oblika korisne energije – električna, toplinska, mehanička (iz biogoriva) ili zamjena za prirodni plin. Jedna od posebnosti biomase je mogućnost transporta od mjesta nastanka

---

<sup>6</sup> Fotonaponske elektrane < <http://www.eoling.net/EL/Energija/Fotonaponskeelektrane/tabid/99/language/hr-HR/Default.aspx> > (10.11.16)



(primarna energija) do mjesta korištenja (korisna energija) pretvorbom u neki od derivata – poluproizvoda (bioplin, peleti, briketi, ogrjevno drvo...). Kod biomase nije rijetkost da se iz iste sirovine, primjerice kukuruza, mogu proizvesti različiti oblici energije. Energija iz biomase dolazi u sva tri agregatna stanja: kruto (npr. ogrjevno drvo, peleti, ostaci rezidbe, oklasci), tekuće (npr. biodizel, bioetanol) i plinovito (npr. bioplin). Tehnologije konverzije biomase su brojne, a odabir ovisi o karakteristikama sirovine i željenom obliku korisne energije, odnosno derivatu biomase.

Slika 8: Ciklus stvaranja biomase



Izvor: <http://cleangreenenergyzone.com/all-about-biomass/> (14.11.16.)

Od zrelih tehnologija korištenja biomase moguće je istaknuti sagorijevanje i suspaljivanje suhe krute biomase za dobivanje toplinske, odnosno električne i toplinske energije. Električna i toplinska energija može se dobiti i u kogeneracijskim postrojenjima na suhu krutu biomasu ili bioplin koji se, opet, dobiva anaerobnom digestijom tekuće biomase (stajnjak, otpadni mulj pri pročišćavanju otpadnih voda, truljenje organske frakcije otpada). Iz biomase je, kroz navedene tehnologije u EU u 2007. godini proizvedeno 78,4 Mtoe primarne energije (85% kruta biomasa, po 8% spaljivanje krute frakcije komunalnog otpada i bioplin), od čega je 83,105 TWh bruto električne energije (59% kruta biomasa, 24% bioplin te 17% spaljivanje). Za konverziju krute biomase u korisnu energiju, dvije trećine (77%) postrojenja

koriste tehnologiju kogeneracije za dobivanje toplinske i električne energije. U proizvodnji energije iz bioplina, dominira deponijski plin (49,2%), a slijede ga poljoprivredna bioplinska postrojenja (35,7%) i bioplin koji nastaje tretiranjem organskog otpada (mulj i slično) (15%). Od tehnologija koje su još uvijek u ranoj fazi komercijalizacije mogu se istaknuti piroliza i rasplinjavanje suhe biomase čiji se proizvodi (ulje, odnosno singas) dalje mogu koristiti za dobivanje različitih oblika korisne energije. Kod proizvodnje biogoriva, zrelost tehnologije se razlikuje po generaciji biogoriva. Transesterifikacija ulja uljarica i/ili životinjskih masti, odnosno fermentacija/hidroliza škrobnih i/ili šećernih biljaka predstavljaju zrelu tehnologiju za proizvodnju biogoriva 1. generacije. Tu se ubraja i bioplin koji pročišćavanjem i nadogradnjom postaje biogorivo. U EU su biogoriva 1. generacije činila 2,6 posto energetskog udjela svih goriva u cestovnom prometu u 2007. godini. Budući da korištenje biodizela i bioetanola te bioplina ne zahtijeva značajnije preinake u postojećoj infrastrukturi fosilnih motornih goriva, ona predstavljaju most prema tehnologijama biogoriva 2. generacije koja se fokusiraju i na lignoceluloznu sirovinu (uplinjavanje i sinteza, napredna enzimatska hidroliza i fermentacija, piroliza), a općenito se dijele na biokemijske i termokemijske pretvorbe.

Alternativna goriva su goriva koja su alternativa uobičajenim gorivima. Kod automobila, u se alternativna goriva ubrajaju praktično sva goriva za automobilske motore osim motornih benzina i dizel-goriva. Povećani zahtjevi zaštite okoliša i sve veće ekološko opterećenje u urbanim sredinama početkom 90-ih godina ponovo aktualiziraju korištenje alternativnih goriva za pogon cestovnih vozila. Vrlo izražena zabrinutost za energetske potencijale na Zemlji, ponajprije za naftu, osnovni energetski izvor za vozila, inicirala je brojna istraživanja o mogućnostima novih oblika energije (električne, alkohol (metanol i etanol), bioplin, prirodni plin, vodik i dr.). Međutim, s obzirom na brojne neriješene tehničko-tehnološke probleme, ta se vozila još ne primjenjuju u većoj mjeri, ali daljnjim razvojem tehnologije i ti će se problemi riješiti.

Osnovni kriteriji za ocjenjivanje potencijalnog goriva su:

- 1) mogućnosti masovne proizvodnje i to iz obnovljenih izvora,
- 2) specifičnosti pripreme smjese,
- 3) utjecaj na okoliš ima veliko značenje jer se uvođenjem novih goriva postavljaju strogi propisi za njegovo označavanje,
- 4) ukupni ekonomski aspekt primjene, kao i specifična cijena, vrednuju se po energetskoj jedinici, što izravnije utječe na prijelaz na alternativna goriva,

5) stupanj opasnosti pri manipulaciji jest kriterij vezan za utjecaj goriva na okoliš.

Ideja proizvodnje biodizela potječe još s kraja 19. stoljeća. Prva transesterifikacija (kemijska reakcija kojom iz biljnog ili životinjskog ulja, odnosno masti i metanola uz prisutnost katalizatora nastaje metilni ester, odnosno biodizel i glicerol s nusproizvodima) najvjerojatnije je izvedena 1853. godine, kada su dva znanstvenika (E. Duffy i J. Patrick) izrađivala sapun. Za samu ideju korištenja biodizela kao supstituta fosilnom gorivu i za komercijalizaciju procesa proizvodnje biodizela, najzaslužniji je konstruktor dizelskih motora, Rudolf Diesel (1858. - 1913) koji se i navodi kao izumitelj biodizela i dizelskog (Dieselovog) motora. U veljači 1892. godine Diesel je svoj izum prijavio patentnom zavodu i zaštitio ga, a već godinu dana kasnije započela je proizvodnja prema njegovim nacrtima. Godine 1912. izjavio je: 'Uporaba biljnih ulja za pokretanje motora s unutarnjim izgaranjem može se činiti nevažnom u današnje vrijeme, ali takvo gorivo s vremenom može postati važno kao i proizvodi od fosilnih goriva danas.'<sup>7</sup>

Slika 9: Biodizel



Izvor: <https://www.themajka.com/viewtopic.php?t=1503> (14.11.16.)

Sve do 2. svjetskog rata biljna ulja su se koristila kao gorivo za pogon motora kopnenih vozila i brodova svih vrsta. Međutim, nakon rata, dijelom zbog tehnološkog razvoja

---

<sup>7</sup> Baraka, L.: Biodizel - regulativa i smjerovi proizvodnje, 1 EGE : energetika, gospodarstvo, ekologija, etika, 16 (2008), 2 ; str. 152-155, 1993.

dizelskih motora, a još više zbog politike vodećih industrijskih zemalja, koje su gospodarski razvoj temeljile na jeftinoj nafti, došlo je do potiskivanja energenata biološkog porijekla. Takvo potiskivanje razvoja biodizela nastavilo se sve do velike naftne krize ranih sedamdesetih godina prošlog stoljeća, kada se biodizel ponovo spominje kao alternativa naftnim derivatima. Tada se njegovim razvojem počinju baviti zemlje koje nisu imale utjecaj na svjetsku politiku i naftu (Australija i Novi Zeland). Za te je zemlje pronalazak alternative fosilnim gorivima bilo pitanje opstanka i gospodarskog razvoja. Stoga je upravo u njihovim laboratorijima nastao suvremeni biodizel, odnosno alternativni energent koji je ekvivalentan gorivu fosilnog porijekla, ali značajno manje štetan za okoliš. Tek potom uslijedili su pokusi i razvoj u SAD-u i europskim zemljama.

Prema članku 4. Uredbe o kakvoći biogoriva<sup>8</sup>, biodizel je: 'metilni ester masnih kiselina (FAME) koji se proizvodi od biljnog ili životinjskog ulja, koji ima svojstva dizela, da bi se koristio kao biogorivo'. Pojednostavljeno rečeno, biodizel je obnovljivo i biorazgradivo gorivo koje se može proizvesti iz biljnih ulja, životinjskih masti i otpadnog jestivog ulja. Kvaliteta proizvedenog biodizela mora udovoljavati EN 14 214.

U cilju smanjenja emisije štetnih tvari (iz ispušnih plinova) i zaštite okoliša općenito, početkom devedesetih (pa čak i u osamdesetima) aktualizirala se tema proizvodnje biogoriva. Sukladno ideji zaštite okoliša, Europska unija je propisala direktive o minimalnim količinama biogoriva u ukupnoj količini pogonskih goriva.

Proizvodni proces biodizela temelji se na reakciji viših nezasićenih masnih kiselina i alkohola (u proizvodnom procesu najčešće metanola,  $\text{CH}_3\text{OH}$ ) uz prisutnost alkalnih katalizatora ( $\text{NaOH}$  ili  $\text{KOH}$ ). Ta se reakcija naziva transesterifikacijom (cijepanjem alkoholom, odnosno tzv. alkoholizom), pri čemu kao nusproizvod nastaje glicerol (tj. tehnički glicerol, ~ 85% čisti ako nema daljnje obrade). Iako se metanol najčešće primjenjuje (zbog komercijalnih razloga, odnosno zato što alkohol ima najmanju molekularnu masu, polaran je i rašireno industrijsko otapalo), u reakciji transesterifikacije mogu se koristiti i ostali alkoholi (etanol, propanol, butanol itd). Unatoč činjenici da sirova biljna ulja imaju svojstva slična dizelskom gorivu, njihova dugotrajna uporaba u dizelskim motorima može uzrokovati brojne probleme kao što su formiranje koksna na injektoru, onečišćenje ulja za podmazivanje, stvaranje naslaga i povećanu emisiju štetnih ispušnih plinova. One su prvenstveno posljedica njihove veće viskoznosti u odnosu na dizelsko gorivo (11 - 17 puta) koja štetno utječe na

---

<sup>8</sup> Uredba o kakvoći biogoriva, Narodne novine (NN) 141/05

proces ubrizgavanja goriva (trajanje, tlak i raspršivanje) što rezultira povišenjem tlakova i temperatura izgaranja te povećanom emisijom NO<sub>x</sub> u ispušnim plinovima.<sup>9</sup>

Osnovne prednosti i nedostaci biodizela su sljedeći:

- značajno manji rizik pri transportu i skladištenju jer je netoksičan i biorazgradiv za razliku od uobičajenog dizela te se pri njegovom transportu poduzimaju zaštitne mjere kao kod biljnih ulja (međutim, kada se transportira i skladišti mješavina fosilnog dizela i biodizela, poduzimaju se preventivne sigurnosne mjere kao da se radi o fosilnom dizelu),
- pri njegovom transportu i skladištenju treba izbjegavati izlaganje vlazi s obzirom na činjenicu da je metilni ester vrlo higroskopian,
- niža oksidacijska stabilnost i pogodnost za razvoj mikroorganizama,
- njegovom uporabom se smanjuje emisija štetnih tvari, odnosno stakleničkih plinova u okoliš,
- vrlo visoka točka zapaljenja (~ 130 °C),
- nema štetnih utjecaja na zdravlje,
- posebno je pogodan za pomorski promet jer je biorazgradiv (pa u slučaju havarije nema opasnosti od onečišćenja okoliša).

## 2.8. Energija vodika

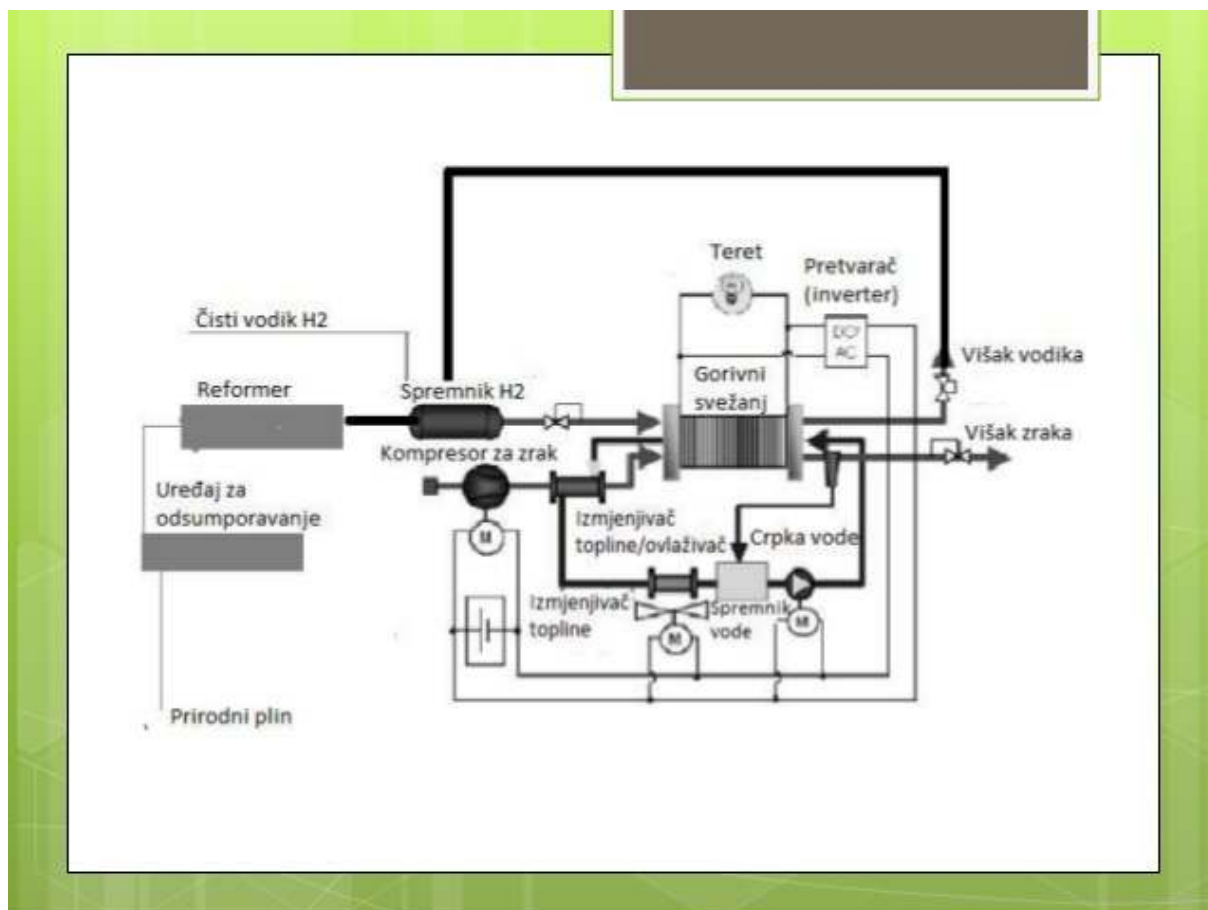
Vodik (H<sub>2</sub>), eng. *hydrogen*, njem. *Wasserstoff*, najčešći je element u svemiru i jedan od najčešćih na Zemlji. Ipak, na Zemlji se gotovo isključivo nalazi u vezanom obliku, odnosno u raznim kemijskim spojevima. Vodik je nosilac energije koji se može stvarati iz više različitih primarnih izvora, od vode (slatke ili slane) do fosilnih goriva. Naravno, za taj proces također je potrebna energija, a nju će trebati dobiti iz tzv. regenerativnih izvora. Pod tim imenom krije se spektar izvora, od biomase, hidroenergije, energije vjetra do solarno-termalnih elektrana. Jednako je širok i spektar tehnologija za dobivanje vodika iz primarnih izvora: velikih centara (rafinerija), manjih decentraliziranih postrojenja, do toga da se proizvodi na mjestu punjenja. Danas se vodik najviše upotrebljava u proizvodnji amonijaka,

---

<sup>9</sup> Baraka, op.cit., str. 153.

pročišćavanju nafte i proizvodnji metanola. Također se rabi kao gorivo za svemirske letjelice i u gorivnim stanicama koje astronaute opskrbljuju toplinom, električnom energijom i pitkom vodom.

Slika 10: Proizvodnja vodika



Izvor: <http://www.slideshare.net/Diklic/nain-dobivanja-elektrine-energije-pomou-gorivnih-elija-i> (15.11.16.)

## 2.9. Potrošnja energije iz obnovljivih izvora u Hrvatskoj i svijetu

Obnovljivi izvori energije u hrvatskom se Zakonu o energiji definiraju kao: „*izvori energije koji su sačuvani u prirodi i obnavljaju se u cijelosti ili djelomično, posebno energija vodotoka, vjetra, neakumulirana sunčeva energija, biodizel, biomasa, bioplin, geotermalna energija itd.*”<sup>10</sup>

Obnovljivi izvori energije su:<sup>11</sup>

- kinetička energija vjetra (energija vjetra),
- Sunčeva energija,
- Biomasa,
- toplinska energija Zemljine unutrašnjosti i vrući izvori (geotermalna energija),
- potencijalna energija vodotoka (vodne snage),
- potencijalna energija plime i oseke i morskih valova,
- toplinska energija mora.

Republika Hrvatska se, kao članica Europske unije, obvezala na prihvaćanje europskog klimatsko-energetskog paketa koji podrazumijeva i [Direktivu 2009/28/EZ](#) o poticanju uporabe energije iz obnovljivih izvora. Prihvaćanjem direktive, Hrvatska je preuzela obvezu povećanja uporabe energije iz obnovljivih izvora, pri čemu bi u 2020. godini udio energije iz obnovljivih izvora u bruto neposrednoj potrošnji trebao iznositi najmanje 20%, promatrano na razini EU.

Po instaliranoj snazi, na prvom je mjestu 16 vjetroenergetskih postrojenja s ukupno 339,250 MW, na drugom je mjestu 1.025 sunčanih elektrana s ukupno 34,203 MW, treće mjesto zauzima pet kogeneracijskih postrojenja s ukupno 13,293 MW, dok četvrto mjesto zauzima 12 elektrana na bioplin s ukupno 12,135 MW. Usporedo s posljednjim izvještajem Saveza za energetiku Hrvatske, nastavio se trend rangiranih elektrana po vrsti obnovljive energije koju koriste. Po instaliranoj snazi, najveće je pojedinačno postrojenje obnovljivih

---

<sup>10</sup> Obnovljivi izvori energije< [http://www.fzoeu.hr/hr/energetska\\_ucinkovitost/obnovljivi\\_izvori\\_energije/](http://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/obnovljivi_izvori_energije/) > (11.11.16)

<sup>11</sup> Obnovljivi izvori energije< [http://www.fzoeu.hr/hr/energetska\\_ucinkovitost/obnovljivi\\_izvori\\_energije/](http://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/obnovljivi_izvori_energije/) > (11.11.16)

izvora energije "Vjetroelektrana Velika Glava, Bubrig i Crni Vrh" tvrtke RP GLOBAL DANILO d.o.o., a instalirana snaga toga postrojenja iznosi 43,00 MW.<sup>12</sup>

Tablica 1: Postrojenja obnovljivih izvora energije u RH

Vrsta postrojenja	TS 33/2007; TS 63/2012 i TS 133/2013	Ukupna instalirana snaga (MW)	Rang
Vjetroelektrane	16	339,250	1.
Sunčane elektrane	1025	34,203	2.
Hidroelektrane	6	1,482	7.
Elektrane na biomasu	4	7,695	5.
Elektrane na bioplin	12	12,135	4.
Kogeneracijska postrojenja	5	13,293	3.
Elektrane na deponijski plin	2	4,536	6.
Geotermalne elektrane	0	0,000	8.
<b>Ukupan broj elektrana</b>	<b>1070</b>	<b>-</b>	
<b>Ukupna instalirana snaga (MW)</b>	<b>-</b>	<b>412,594</b>	

Tablica 1: Povlaštteni proizvođači s kojima je HROTE sklopio ugovor o otkupu električne energije po TS-u iz 2007., 2012. i 2013. godine, a čija su postrojenja u sustavu poticanja (revidirano stanje na dan 30.01.2015.)

Izvor: <http://www.croenergo.eu/U-Hrvatskoj-je-u-pogonu-1070-elektrana-na-obnovljive-izvore-energije-instalirane-snage-412594-MW-25209.aspx> (12.11.16)

U narednom periodu predviđa se puštanje u pogon 280 postrojenja ukupne planirane snage 494,237 MW, a podatak proizlazi iz analize sklopljenih ugovora o otkupu električne energije iz postrojenja koja koriste obnovljive izvore energije, a koja još uvijek nisu puštena u pogon. Usporedo s posljednjim izvještajem Saveza za energetiku Hrvatske, broj postrojenja koja nisu puštena u pogon iznosio je 327, a planirana instalirana snaga tih postrojenja iznosila je 509,837 MW.

Po planiranoj snazi, na prvom je mjestu 12 vjetroenergetskih postrojenja s ukupno 395,700 MW, na drugom mjestu je 23 postrojenja na biomasu s ukupno 55,550 MW, dok

<sup>12</sup> Obnovljivi izvori energije<<http://www.croenergo.eu/U-Hrvatskoj-je-u-pogonu-1070-elektrana-na-obnovljive-izvore-energije-instalirane-snage-412594-MW-25209.aspx>>(11.11.16)



treće mjesto zauzimaju 223 projekta sunčanih elektrana s ukupno 21,478 MW. Usporedno s posljednjim izvještajem Saveza za energetiku Hrvatske, nastavio se trend rangiranih elektrana po vrsti obnovljive energije koju koriste.

Tablica 2: Planirana postrojenja obnovljivih izvora energije u RH

Vrsta postrojenja	TS 33/2007; TS 63/2012 i TS 133/2013	Ukupna planirana snaga (MW)	Rang
Vjetroelektrane	12	395,700	1.
Sunčane elektrane	223	21,478	3.
Hidroelektrane	7	3,468	6.
Elektrane na biomasu	23	55,550	2.
Elektrane na bioplin	14	13,331	4.
Kogeneracijska postrojenja	0	0	7.
Elektrane na deponijski plin	0	0	
Geotermalne elektrane	1	4,710	5.
<b>Ukupan broj elektrana</b>	<b>280</b>	<b>-</b>	
<b>Ukupna planirana snaga (MW)</b>	<b>-</b>	<b>494,237</b>	

Tablica 2: Nositelji projekata s kojima je HROTE sklopio ugovor o otkupu električne energije po TS-u iz 2007., 2012. i 2013. godine, a čija postrojenja još nisu puštena u pogon (revidirano stanje na dan 30.01.2015.)

Izvor: <http://www.croenergo.eu/U-Hrvatskoj-je-u-pogonu-1070-elektrana-na-obnovljive-izvore-energije-instalirane-snage-412594-MW-25209.aspx> (12.11.16)

U Hrvatskoj je tijekom 2015. na mrežu priključeno 217 novih elektrana na obnovljive izvore, ukupne snage 38 MW. Ukupno ima operativnih 1271 elektrana snage 449,5 MW zaključno s 31. prosinca 2015.godine. Za još 545 MW sklopljeni su ugovori, a još nisu priključene na mrežu, između ostalog, zbog svjesne opstrukcije od strane Vlade, u službi

tradicionalnih lobija. One mogu ukupno pokriti 16% današnje potrošnje električne energije, čime bismo bili u prosjeku Europske unije.<sup>13</sup>

Tablica 3: Udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji energije u EU

	2004	2007	2010	2011	2012	2020 target <sup>5</sup>
<b>EU28</b>	<b>8.3</b>	<b>10.0</b>	<b>12.5</b>	<b>13.0</b>	<b>14.1</b>	<b>20</b>
Belgium	1.9	3.0	5.0	5.2	6.8	13
Bulgaria	9.6	9.4	14.4	14.6	16.3	16
Czech Republic	5.9	7.4	9.3	9.3	11.2	13
Denmark	14.5	17.9	22.6	24.0	26.0	30
Germany	5.8	9.0	10.7	11.6	12.4	18
Estonia	18.4	17.2	24.7	25.0	25.2	25
Ireland	2.4	3.6	5.6	6.6	7.2	16
Greece*	7.2	8.5	9.7	11.8	15.1	18
Spain	8.3	9.7	13.8	13.2	14.3	20
France	9.3	10.2	12.7	11.3	13.4	23
Croatia	13.2	12.1	14.3	15.4	16.8	20
Italy	5.7	6.5	10.6	12.3	13.5	17
Cyprus	3.1	4.0	6.0	6.0	6.8	13
Latvia*	32.8	29.6	32.5	33.5	35.8	40
Lithuania	17.2	16.7	19.8	20.2	21.7	23
Luxembourg	0.9	2.7	2.9	2.9	3.1	11
Hungary*	4.4	5.9	8.6	9.1	9.6	13
Malta*	0.3	0.4	0.4	0.7	1.4	10
Netherlands	1.9	3.1	3.7	4.3	4.5	14
Austria	22.7	27.5	30.8	30.8	32.1	34
Poland	7.0	7.0	9.3	10.4	11.0	15
Portugal	19.2	21.9	24.2	24.5	24.6	31
Romania	16.8	18.3	23.2	21.2	22.9	24
Slovenia	16.1	15.6	19.2	19.4	20.2	25
Slovakia	5.3	7.3	9.0	10.3	10.4	14
Finland	29.2	29.8	32.4	32.7	34.3	38
Sweden	38.7	44.1	47.2	48.8	51.0	49
United Kingdom	1.2	1.8	3.3	3.8	4.2	15
Norway	58.1	60.2	61.2	64.6	64.5	67.5

\* Eurostat estimates based on the national data transmission under Regulation (EC) No 1099/2008 on energy statistics.

Izvor: <http://www.obnovljivi.com/aktualno/2704-udio-obnovljivih-izvora-energije-u-potrosnji-energije-na-14-u-eu-2012-godine> (13.11.16)

Europska Unija ima cilj od 20% obnovljivih izvora energije u bruto potrošnji energije, pri čemu se u obzir uzimaju pojedinačni državni ciljevi, različite početne točke svake države, potencijal obnovljivih izvora i ekonomska situacija u državama članicama. Od početka praćenja podataka do 2012. godine ostvareni su u Švedskoj, Danskoj i Austriji, a sam rast je ostvaren u svim zemljama članicama. U Švedskoj je tako ostvaren rast sa 38,7% 2004. do 51% 2012. godine, u Danskoj sa 14,5% na 26%, Austriji sa 22,7% na 32,1%, Grčkoj sa 7,2% na 15,1% i Italiji sa 5,7% na 13,5%.<sup>14</sup>

Najveći su udio obnovljivih izvora energije u potrošnji energije prije dvije godine imale Švedska s udjelom od 51%, Latvija s 35,8%, Finska s 34,3% i Austrija s 32,1%, dok

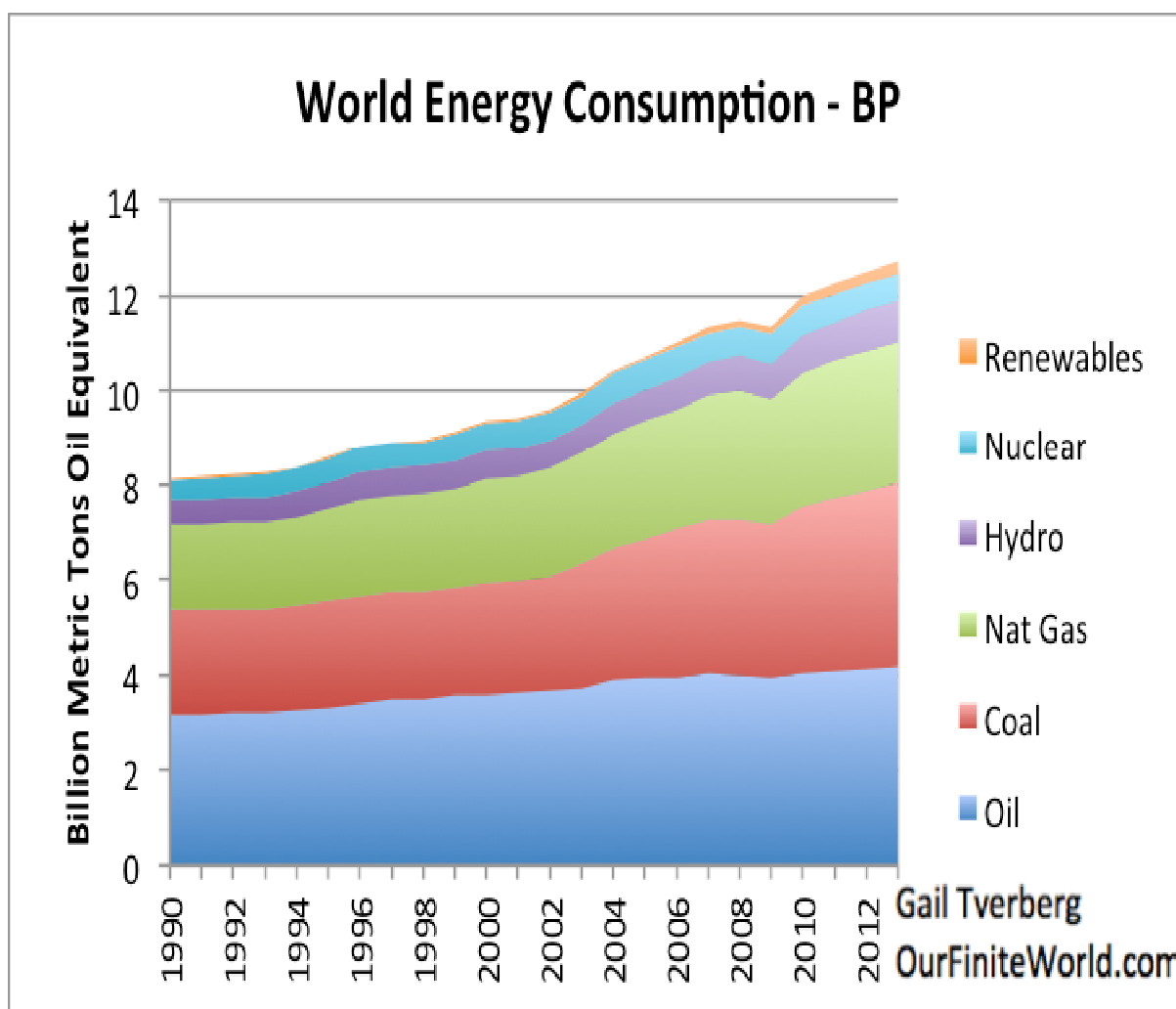
<sup>13</sup> Obnovljivi izvori energije < <https://ekoloskaekonomija.wordpress.com/2016/01/06/obnovljivi-izvori-u-hrvatskoj-stanje-31-prosinca-2015-i-perspektiva-za-2018/> > (21.11.16)

<sup>14</sup> Obnovljivi izvori energije < <http://www.obnovljivi.com/aktualno/2704-udio-obnovljivih-izvora-energije-u-potrosnji-energije-na-14-u-eu-2012-godine> > (12.11.16)

najniže udjele imaju Malta 1,4%, Luksemburg sa 3,1% i Velika Britanija s 4,2% te Nizozemska s 4,5%. Estonija je 2011. godine postala prva članica koja je postigla svoj cilj za 2020. godinu, dok su godinu kasnije te ciljeve postigle Bugarska, Estonija i Švedska (s udjelom od 16%, 25% i 49%).

U svjetskoj potrošnji energije obnovljivi izvori imaju mali postotak udjela.

Slika 11: Udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji energije u svijetu



Izvor: Tverberg G., (2015) Oil and the Economy: Where are we Headed in 2015-16?, <http://www.theenergycollective.com/gail-tverberg/2179611/oil-and-economy-where-are-we-headed-2015-16>

### 3. TEMELJNE ZNAČAJKE VJETROELEKTRANA I VJETROAGREGATA

#### 3.1. Pojam i karakteristike vjetroatregata

Energija je svaka sila koja nastaje iz mehaničkog rada ili se u rad može pretvoriti. Posjeduju je tijela dignuta na viši položaj, tijela u kretanju, ugrijana tijela, magneti, električna struja i svjetlost. Moderna privreda počiva na korištenju energije u različitim oblicima i za različite svrhe. Najčešće se koristi mehanička, toplinska, hidraulična, električna i aerodinamična, a u novije vrijeme i nuklearna energija. Energija je ključni činilac svake privrede i zato se poklanja izuzetna pažnja njezinoj optimalnoj proizvodnji i racionalnoj potrošnji.<sup>15</sup>

Slika 12: Vjetroatregat



Izvor:

<http://www.brodosplit.hr/tabid/1512/articleType/ArticleView/articleId/1175/BRODOSPLIT-UGOVORIO-GRADNJU-STUPA-ZA-VJETROAGREGAT.aspx> (15.11.16.)

U zadnjih 20-tak godina razvoj tehnologije za korištenje energije vjetra (vjetroatregata za proizvodnju električne energije) prošao je intenzivno razdoblje usavršavanja u kojem je nastao tehnički i tehnološki zreo, troškovno učinkovit i komercijalno prihvatljiv proizvod.

---

<sup>15</sup> Dragičević, A., Ekonomski leksikon, Informator, Zagreb, 1991., str. 174-175

Vjetroagregat je složen sustav u kojem su sve komponente međusobno elastično vezane – razvoj u slučaju vjetroagregata primarno znači optimizaciju svih komponenata, ali i uvođenje novih i naprednih tehničkih rješenja radi, primjerice, redukcije mehaničkih opterećenja ili daljnje redukcije cijene na lokacijama s nižim vjetropotencijalom ili iznad morske pučine. Tipičan suvremeni vjetroagregat predstavlja trilopatični stroj sa ili bez prijenosnog multiplikatora, jedinične snage u rasponu 800 kW do 3 MW, promjera rotora i visine stupa 50-100 m. Razvoj međutim nije završen, štoviše, vjetroenergetika je danas suočena s mogućnostima svog daljnjeg razvoja i rasta. Od aktualnih trendova, svakako treba spomenuti trend promjene geometrije i veličine vjetroagregata zbog čega je jedinična snaga porasla stotinjak puta u zadnjih 20-ak godina (s tipičnih 25 kW 1990. na 3 MW danas, uz tendenciju daljnjeg porasta jedinične snage). U regulaciji snage, aktivna regulacija zakretanjem lopatica (tzv. *pitch* regulacija) sve više dominira, posebno u megavatnoj klasi vjetroagregata, pa danas praktički 4/5 ponuđenih vjetroagregata na tržištu ima ovaj tip regulacije, koji u pravilu omogućava bolju kvalitetu proizvedene električne energije. Što se pak tiče brzine pogonske osovine, dok su nekad vjetroagregati uglavnom koristili fiksnu brzinu vrtnje, danas preko 3/5 svih rješenja na tržištu koristi promjenjivu brzinu vrtnje. Iako nešto skuplja zbog dodatne elektronike, ovakva rješenja su povoljnija s gledišta utjecaja na mrežu, smanjenja mehaničkih opterećenja te povećanja proizvodnje.<sup>16</sup>

O energiji vjetra danas se često govori kao o novom obnovljivom izvoru energije, pritom se zaboravlja da se taj oblik energije primjenjivao od samih početaka ljudske civilizacije.<sup>17</sup> Od davnina su ljudi skloni iskorištavati potencijale koje nudi priroda. Tako su u dalekoj prošlosti počeli koristiti energiju vjetra za kretanje brodova, a do danas su se te tehnike, kao i namjene, uvelike usavršile. Vjetroelektana je niz blisko smještenih vjetroagregata, najčešće istog tipa, izloženih istom vjetru i priključenih posredstvom zajedničkog rasklopnog uređaja na elektroenergetski sustav. Vjetroagregat je rotirajući stroj koji pretvara kinetičku energiju vjetra prvo u mehaničku, a zatim preko električnih generatora u električnu energiju. Pri tome se rotor vjetroturbine i rotor električnog generatora nalaze na istom vratilu. Vjetroelektana je obnovljivi izvor električne energije pokretan kinetičkom energijom vjetra.<sup>18</sup> Neravnomjerno zagrijavanje različitih dijelova Zemlje od strane Sunca, rezultira različitim tlakovima zraka, uslijed čega dolazi do nastanka vjetra. Na nekim

---

<sup>16</sup> Granić G., Kako promišljati energetska budućnost?, Dnevnik, Zagreb, 2010., str. 26-30

<sup>17</sup> Matić M., Energetska ekonomija u praksi, Školska knjiga, Zagreb, 2003., str. 186

<sup>18</sup> Vjetroelektrana < <http://hr.wikipedia.org/wiki/Vjetroelektrana> > (11.11.16.)

dijelovima Zemlje pušu stalni vjetrovi i upravo je njihovo iskorištavanje najisplativije, ali ne i jedino koje se može koristiti. Dobri su potencijali i obale mora te morske pučine.

Energija vjetra je u stvari oblik Sunčeve energije. Sunce neravnomjerno zagrijava različite dijelove Zemlje i to rezultira različitim tlakovima zraka, a vjetar nastaje zbog težnje za izjednačavanjem tlakova zraka. Postoje dijelovi Zemlje na kojima pušu tzv. stalni (planetarni) vjetrovi i na tim područjima je iskorištavanje energije vjetra najisplativije. Dobri položaji su obale mora i oceana (priobalna vjetroelektrana), te pučina mora (plutajuća vjetroelektrana). Pučina se ističe kao najbolji položaj zbog stalnosti vjetrova, ali cijene ugradnje i prijevoza energije usporavaju takva ulaganja.

Kod pretvorbe kinetičke energije vjetra u mehaničku energiju (okretanje osovine generatora) iskorištava se samo razlika brzine vjetra na ulazu i na izlazu. Albert Betz, njemački fizičar, dao je još davne 1919. zakon energije vjetra, poznat kao Betzov zakon. Njegov zakon kaže da možemo pretvoriti samo manje od  $16/27$  ili 59% kinetičke energije vjetra u mehaničku energiju pomoću turbine na vjetar. 59% predstavlja teoretski maksimum, ali u primjeni se može pretvoriti između 35% i 45% energije vjetra zbog raznih gubitaka u sustavu.<sup>19</sup>

Uređaji koji kinetičku energiju vjetra pretvaraju u električnu nazivaju se vjetroatregati (vjetroturbine). Danas su na tržištu dostupne razne izvedbe vjetroatregata, a osnovne podjele su:<sup>20</sup>

- prema izvedbi s horizontalnom ili vertikalnom osi;
- prema broju lopatica;
- prema načinu regulacije;
- prema snazi od nekoliko wata pa do nekoliko megawata;
- prema odnosu brzine vjetra i postignute snage.

Izbor vjetroatregata i njegova instalacija zahtijevaju mnogo više od instalacije fotonaponskog sustava. Osim osnovnog izbora, a to je snaga uređaja, potrebna je kvalitetna procjena utjecaja mikrolokacije u pogledu kvalitete i količine vjetra (primjerice, nije isti vjetroatregat pogodan

---

<sup>19</sup> Vjetroelektrana <<http://hr.wikipedia.org/wiki/Vjetroelektrana>> (12.11.16.)

<sup>20</sup> Vjetroatregati <<http://eoling.sistemi.hr/ELEnergiya/Vjetroagregati/tabid/101/language/hr-HR/Default.aspx>> (12.11.16.)

za kontinentalnu i primorsku Hrvatsku), geografija terena za optimalno pozicioniranje vjetroatregata.<sup>21</sup>

Prednosti vjetroeletktrana su:<sup>22</sup>

1. ne troše gorivo, tj. energija vjetra je uvjetno rečeno "besplatna";
2. vjetroeletktrane su poželjan oblik obnovljivog izvora energije nasuprot elektranama na fosilna goriva, jer kemijski i biološki ne zagađuju okoliš;
3. vjetroeletktrana može imati umjeren pozitivan utjecaj na smanjenje snage vjetra u područjima koja su inače izložena suviše jakim vjetrovima;
4. borba protiv globalnog zatopljenja (Protokol iz Kyota);
5. vjetroeletktrane su energetska postrojenja bez štetnih emisija (staklenički plinovi);
6. smanjuje se nacionalna ovisnost o uvozu fosilnih goriva;

Nedostaci vjetroeletktrana su:<sup>23</sup>

1. povremenost pogona, zavisno o meteorološkim karakteristikama područja primjene. Nije riješeno učinkovito akumuliranje većih količina energije za razdoblje bez vjetra, pa bi se stoga vjetroeletktrane trebale vezati za elektroenergetski sustav regije i s njim razmjenjivati energiju. Prikladnim se čini kombinacija hidroelektrana i vjetroeletktrana, koja u razdoblju jačeg vjetra štedi hidroakumulaciju, a u razdoblju bez vjetra energiju daje hidroelektrana. Kod sitnih vjetroeletktrana akumulaciju mogu osiguravati jedino akumulatori, koji ne mogu zadovoljiti potrebe u područjima s manje vjetrovitih dana, ali mogu štediti klasičnu energiju u vjetrovitom razdoblju;
2. jake promjene u snazi vjetra relativno su teže tehnički savladive. Tehnička rješenja moraju spriječiti oštećenje vjetrenjače pri olujnoj snazi i izvlačiti maksimalnu snagu pri slabom vjetru, što poskupljuje ta rješenja;

---

<sup>21</sup> Vjetroatregati < <http://eoling.sistemi.hr/ELEnergija/Vjetroatregati/tabid/101/language/hr-HR/Default.aspx> > (12.11.16.)

<sup>22</sup> Vjetroeletktrana < <http://hr.wikipedia.org/wiki/Vjetroeletktrana> > (12.11.16.)

<sup>23</sup> Vjetroeletktrana < <http://hr.wikipedia.org/wiki/Vjetroeletktrana> > (12.11.16.)



3. za usklađivanje broja okretaja vjetroturbine sa brojem okretaja ugrađenog generatora potreban je multiplikator s automatskom regulacijom brzina generatora, što također poskupljuje tehničku izvedbu;
4. troškovi održavanja znaju činiti značajnu stavku u cijeni dobivene energije vjetra, budući da je u slučaju velikih vjetroelektrana broj uređaja relativno velik, tj. snaga po jednom uređaju je daleko manja nego kod klasičnih elektrana na fosilna goriva;
5. prisutno je izvjesno "estetsko zagađenje" u slučaju velikih vjetroelektrana, što međutim nema većeg značaja ako se takva vjetroelektrana ugradi na nenapučenim prostorima.

### 3.2. Vjetroelektrane u Hrvatskoj

Trenutno Hrvatska ima 129,75 MW vjetroelektrana, raspoređenih u 8 projekata (službeno 9, ali vjetroelektrane ZD2 i ZD3 zbog svog položaja smatramo jednom vjetroelektranom).<sup>24</sup>

Tablica 4: Vjetroelektrane u RH

Vjetroelektrana	Instalirana snaga (MW)	Županija	Godišnja proizvodnja (GWh)	Vjetroatregati i modeli	Puštena u rad
VE Vrataruša	42	Ličko-senjska županija	125	14 × Vestas V90 - 3 MW	2011.
VE Bruška	36,8	Zadarska županija	122	16 × Siemens SWT-93 - 2,3 MW	2012.
VE Trtar-Krtolin	11,2	Šibensko-kninska županija	28	14 × Enercon E-48 - 0,8 MW	2006.
VE Crno Brdo	10	Šibensko-kninska županija	27	7 × Leitwind LTW77 – 1,5 MW	2011.
VE Orlice	9,6	Šibensko-kninska županija	25	11 × Enercon (3 × E-48 – 0,8 MW + 8 × E-44 – 0,9 MW)	2009.
VE Velika Popina	9,2	Zadarska županija	26	4 × Siemens SWT 93 – 2,3 MW	2011.
VE Ravne 1	6	Zadarska županija	15	7 × Vestas V52 – 0,85 MW	2004.
VE Pometeno Brdo 1	6	Splitsko-dalmatinska županija	15	6 × Končar KO-VA 57/1 – 1 MW	2012.
<b>Ukupno</b>	<b>130</b>		<b>383</b>	<b>79</b>	<b>srpanj 2012.</b>

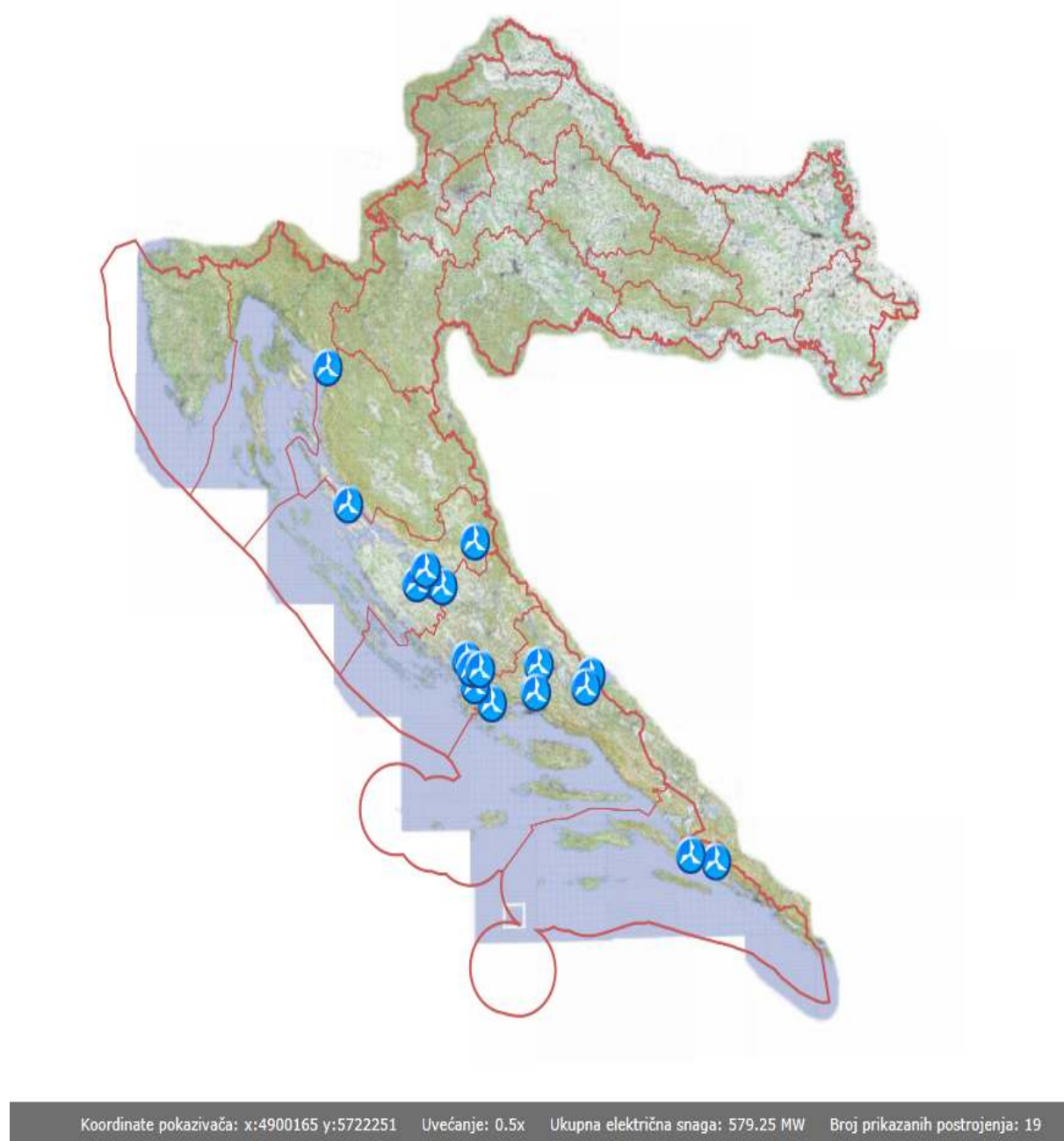
Izvor: <http://www.vjetroelektrane.com/aktualno/1047-vjetroelektrane-u-hrvatskoj-u-2013> (12.11.16)

<sup>24</sup> Vjetroelektrane u Hrvatskoj u 2013. godini <<http://www.vjetroelektrane.com/aktualno/1047-vjetroelektrane-u-hrvatskoj-u-2013>> (12.11.16.)



Ukupna instalirana snaga vjetroelektrana u Republici Hrvatskoj zaključno s danom 23.11.2016. godine iznosi 579,25 MW, na 19 lokacija u Splitsko-dalmatinskoj, Ličko-senjskoj, Šibensko-kninskoj, Zadarskoj, Dubrovačko-neretvanskoj županiji.<sup>25</sup>

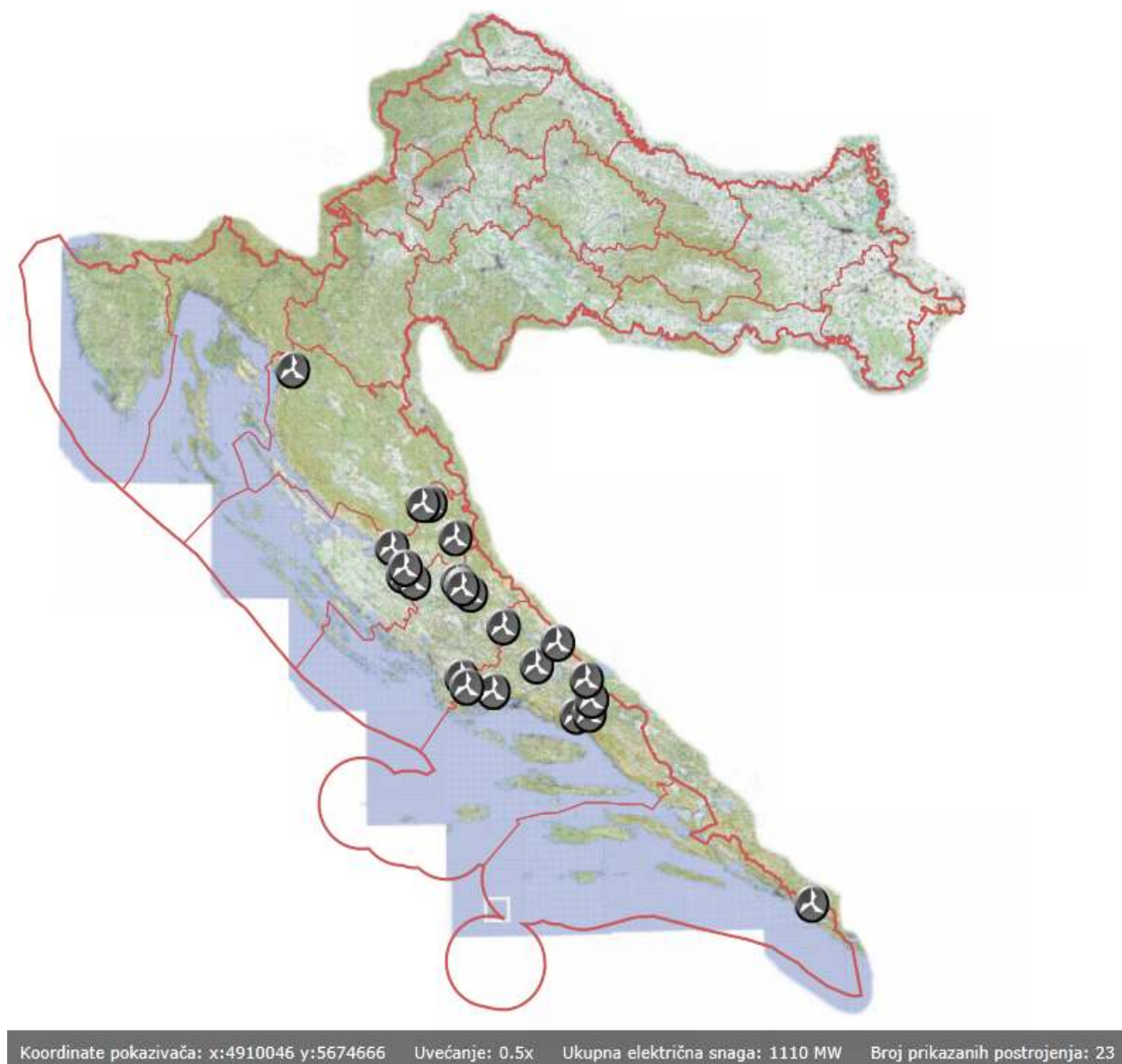
Slika 13: Vjetroagregati u pogonu na području RH



Izvor: <https://oie-aplikacije.mingo.hr/InteraktivnaKarta/>(23.11.16.)

<sup>25</sup>Vjetroelektrane u RH < <https://oie-aplikacije.mingo.hr/InteraktivnaKarta/> > (21.11.16.)

Slika 14. Vjetroagregati u planu na području RH



Izvor: <https://oie-aplikacije.mingo.hr/InteraktivnaKarta/> (23.11.16.)

Republika Hrvatska, kao kandidat za prijam u članstvo Europske unije, potpisala je sporazum o smanjenju ispuštanja emisije stakleničkih plinova i samim time dužna je udio obnovljivih izvora električne energije povećati na cca 20 % od ukupne potrošnje energije.

Strategijom energetskog razvoja Republike Hrvatske (Narodne novine 130/09) unaprijeđena je energetska strategija iz 2002. godine u segmentima koji se odnose na pristup Europskoj Uniji i provođenju zajedničke europske energetske politike, prihvaćanju Ugovora o Energetskoj zajednici, ratifikaciji Kyoto protokola i činjenici da je energetski sektor suočen s velikom nestabilnošću cijena energije na svjetskom tržištu te ovisan o sve većem uvozu energenata.

Strategija ima tri temeljna cilja:

- Sigurnost opskrbe energijom
- Konkurentnost energetskog sustava
- Održivost energetskog razvoja.

Republika Hrvatska ima pogodne prirodne mogućnosti, odnosno prirodne potencijale za iskorištavanje obnovljivih izvora energije. OIE su domaći izvor energije i njihovo je korištenje sredstvo smanjivanja uvozne ovisnosti, poticaj razvoju domaće proizvodnje energetske opreme i usluga te način ostvarenja ciljeva zaštite okoliša. Uspješnost provedbe Strategije energetskog razvoja, na području OIE, ovisi o unapređenju međusektorske suradnje na područjima energetike, rudarstva, industrije, poljoprivrede, šumarstva, vodnog gospodarstva, zaštite okoliša, graditeljstva i prostornog uređenja. Pri iskorištavanju OIE, mogućnost je nacionalnog tehnološkog razvoja povoljna, stoga Vlada Republike Hrvatske potiče ulaganja u istraživanje, razvoj i njihovu primjenu. Povoljne prilike za razvoj tehnologija očituju se u uporabi biomase i uporabi energije vjetra u vjetroelektranama, uporabi sustava distribuirane proizvodnje energije i malih hidroelektrana, Sunčevih kogeneracija, razvoju naprednih elektroenergetskih mreža, načinu predviđanja proizvodnje iz OIE te upravljanjem elektroenergetskim sustavima s velikim udjelom OIE.

Republika Hrvatska se opredijelila za iskorištavanje OIE u skladu s načelima održivog razvoja.

Vezano uz OIE, Strategija energetskog razvoja postavlja sljedeće ciljeve:

- Povećanje udjela OIE u bruto neposrednoj potrošnji energije na 20% u 2020. godini.

Sektorski ciljevi su sljedeći:

- 35% udjela OIE u proizvodnji električne energije, uključujući velike hidroelektrane;

– 10% udjela OIE u prijevozu; – 20% udjela OIE za grijanje i hlađenje.<sup>26</sup>

### 3.3. Cijena energije iz vjetroelektrana

Budući da svaka investicija ima trošak, tako i vjetroelektrane imaju određena ograničenja u financijskim i zakonodavnim ograničenjima.

Postoje dvije prilično različite cijene energije iz vjetroelektrana: cijena za proizvođače i ona koju plaćaju kupci. Pod kupcima se ovdje misli na otkupljivače električne energije u veleprodaji, a ne na krajnje kupce (male tvrtke i kućanstva) na maloprodajnom tržištu. Cijene na maloprodajnom tržištu su strukturalno veće jer uključuju trošak prijenosa i distribuciju električne energije kroz niskonaponsku mrežu, poreze, a u nju mogu ući i troškovi marketinga i drugi slični troškovi. Što se tiče cijene za proizvođače, misli se na cijenu koju dobiju za svoju stvarnu proizvodnju. Ta cijena može, ali i ne mora, biti povezana s troškovima proizvodnje, ali trebala bi biti veća od troškova, inače je investicija neisplativa.

Kada se uzmu u obzir svi navodi, postavlja se pitanje mora li cijena uvijek biti viša ili samo u prosjeku, i ako da, tijekom kojeg razdoblja.

S obzirom na to da vjetroelektrane imaju fiksne troškove, svi proizvođači trebaju ostvariti cijenu koja je malo veća od dugoročnih troškova. Time je investicija u vjetroelektranu profitabilna i prilično sigurna. Ipak, vjetroelektrana je tip tehnologije kojoj odgovara svaka cijena na veleprodajnom tržištu, te ukoliko nema dugoročni ugovor o otkupu električne energije, utoliko je potpuno ovisna o nestabilnostima na tržištu cijena. Ako se onda dogodi da su cijene niske te je tok novca mali, a postoje veliki zajmovi, ona može brzo propasti iako prosječno uprihoduje mnogo novaca. Zbog toga je bankrotirana vjetroelektrana uvijek dobar posao za preuzimanje, samo ponekad možda nije dobra za investiranje, ukoliko su cijene na tržištu previše nestalne.

Zbog toga nije začuđujuće da je najefikasniji sustav za poticanje razvoja vjetroelektrana bila feed-in-tarifa prema kojoj proizvođač dobiva garantiranu fiksnu cijenu tijekom dugog vremenskog razdoblja (prosječno je 15 do 20 godina), koja je dovoljno velika da se pokriju njihovi prosječni troškovi. Fiksnu cijenu isplaćuje elektroprivreda odgovorna za

---

<sup>26</sup> Strategije energetike u OIE do 2020 < [http://www.mingo.hr/userdocsimages/energetika/NAP\\_OIE.pdf](http://www.mingo.hr/userdocsimages/energetika/NAP_OIE.pdf) > (25.11.16.)

distribuciju električne energije u regiji gdje se nalazi vjetroelektrana te je autorizirana da trošak iste prenese na krajnje korisnike. Sustav je jednostavan i efikasan te je ujedno najjeftiniji za promociju vjetroelektrana. Drugi mehanizmi uključuju kvote koje se mogu razmjenjivati (to su zeleni certifikati ili obnovljivi standardni portfelji) ili direktni poticaji uz pomoć poreznih mehanizama. Osim poreznih olakšica koje na kraju priče snose poreznici, svi drugi sustavi povećavaju trošak za potrošače električne energije kada je razlika između garantirane fiksne cijena i varijabilne veleprodajne cijene pozitivna.

Dodatni sloj kompleksnosti se pojavljuje na tržištima orijentiranim na cijenu, a povezan je s važnošću marginalnih troškova. Većinu vremena se cijena električne energije određuje kroz najskupljeg proizvođača koji je u to doba potreban da se zadovolji potražnja. To je posljedica fizikalne prirode električne energije koju je u njezinom izvornom obliku nemoguće pohraniti, stoga je potražnja i ponuda u svakom trenutku jednaka. Potražnja, osim kod nekih industrijskih korisnika, nije kratkoročno osjetljiva na cijenu te se može smatrati gotovo fiksnom, tako da se tržište gotovo uvijek balansira na način da se ponuda adaptira na potražnju u svakom trenutku. Iako je to tehnički kompleksno, u principu se radi na način da operator mreže povećava ili smanjuje proizvodnju. U tržišnoj ekonomiji to bi značilo da se prvo uključuju najjeftiniji proizvođači, a onda oni skuplji ovisno o potražnji. U svakom je trenutku cijena zadnjeg (najskupljeg) proizvođača ona koja će odrediti cijenu za sve druge.<sup>27</sup>

Investicije u obnovljive izvore energije u javnosti se prikazuju na različite načine. Je li dovoljno ulagati u nove sustave i koliko to stoji ili je potrebno modernizirati postojeće proizvođače energije (termoelektrane, plinoelektrane)? Krajnji potrošači, kao kupci energije, sasvim se opravdano pitaju: koliko će morati više platiti za tu „čistu“ energiju koja ima skuplju cijenu?

Strategijom energetskog razvoja Hrvatske za 2020. godinu predviđa se 1200 MW u vjetroelektranama. Neće li tada biti nedovoljna instalirana snaga konvencionalne rezerve, odnosno elektrana na stalne izvore energije? Pitanje postaje još naglašenijim, ukoliko se izgradnja vjetroelektrana ostvari prema Strategiji (interes je za tu gradnju u nas velik!), a izgradnja elektrana na stalne izvore značajnije podbaci. Strategija koja je predviđjela ukupnu izgradnju elektrana od zaokruženo 4400 MW do 2020. godine (nove elektrane i zamjena onih

---

<sup>27</sup> Cijena energije vjetra iz vjetroelektrana < <http://www.vjetroelektrane.com/aktualno/2060-trosak-cijena-i-vrijednost-energije-vjetra-2-dio> > (25.11.16.)

kojima je istekao vijek trajanja): velike HE 300 MW (uključujući HE Lešće) - termoelektrane na plin 1200 MW (uključujući one u izgradnji) - termoelektrane na ugljen 1200 MW - kogeneracijske elektrane 300 MW -vjetroelektrane 1200 MW -male HE 100 MW - elektrane na biomasu 85 MW. Dakle, puštanje u pogon 400 novih megavata svake godine! (U 2010. godini pustili smo u pogon tek 20% te godišnje kvote: HE Lešće, 42 MW i vjetroelektrane). U 2020. godini predviđa se ukupna instalacija svih elektrana od 6200 MW, vršno opterećenje od 4767 MW te bi rezerva instalirane snage bila 1433 MW (30%). Dakle, vjetroelektrane s 1200 MW „pojele“ bi 83,7% te rezerve, je li je to razumno!? Rezerva inače treba pokriti, u kritičnom razdoblju elektroenergetskoga sustava: - izostali vjetroangažman, - izostali hidroangažman protočnih HE (vrlo značajno, za nas vrlo značajno; naše hidroelektrane proizvedu godišnje 3,5 TWh u sušnoj, a preko 7 TWh u vlažnoj godini), -neočekivani dugotrajniji zastoj bilo koje proizvodne jedinice u sustavu. Sadašnju utvrđenu granicu (odobrenu rješenjem Ministarstva gospodarstva) ukupne instalirane snage vjetroelektrana u EES Hrvatske treba stoga ostaviti na razini 360 MW. Postupni porast te granice urediti proporcionalno porastu rezerve raspoložive snage u EES; dakle, razlici ukupne raspoložive snage elektrana i vršnog opterećenja. Punu otkupnu cijenu proizvodnje (0,71 kn/kWh, za vjetroelektrane snage do 1 MW, odnosno 0,721 kn/kWh za snage veće od 1 MW, ali tada plaćanje naknade lokalnoj samoupravi od 0,01 kn/kWh, u 2010. godini) koriste one vjetroelektrane kod kojih je udio domaće komponente jednak ili veći od 60%, a s faktorom 0,93 množi se garantirana otkupna cijena ako je udio domaće komponente manji ili jednak 45%. Može li se to promijeniti radi većeg favoriziranja domaće komponente, za nadolazeće vjetroelektrane? Ne bismo li mogli reći da se poticajna cijena može koristiti samo u slučaju da je domaća komponenta veća od 60% – taj poticaj plaćaju hrvatski građani i poduzetnici 5 (danas: 0,5 lipa po svakom kilovatsatu preuzete električne energije) radi, između ostalog, povećavanja zapošljavanja svojih radnika! Nepravedno ga je koristiti za povećanje

zapošljavanja inozemnih radnika! Sada je u nas: otkupna cijena jednaka je za čitavo garantirano razdoblje otkupa (12 godina) i korigira se faktorom inflacije, rastom cijena na malo (2008: 5,8%, 2009: 2,9%, 2010: 1,9%, za tri godine ostvareni rast je oko 11%! ). Može li se to promijeniti za nadolazeće vjetroelektrane: a) da se otkupna cijena godinama lagano prigušuje (zbog sniženja cijena opreme), a korigira faktorom inflacije i/ili b) da se otkupna cijena nešto smanji nakon isteka polovice garantiranog razdoblja? Ili: može li se uvesti obveza, za nadolazeće vjetroelektrane, učešća u troškovima energije za pokrivanje neravnoteže (razliku ostvarena i najavljena/planirana angažmana) koju se izazvale vjetroelektrane? Vjetroelektrana 10 MW uz investicijske troškove od danas orijentacijski oko 1200 eura/kW koštala bi 12 milijuna eura ili 87,7 milijuna kuna. Uz trajanje instalirane snage od 2000 h/god, proizvela bi u 12 godina 240 milijuna kilovatsati i za toliku proizvodnju dobila bi ukupno 171 milijun kuna (po neto otkupnim cijenama iz 2010. godine – 0,711 kn/kWh, uz udio domaće komponente veći od 60%). Dakle, gotovo dvostruko više nego li je uloženo; da li je to prihvatljivo!? Konačno: pretpostavimo da je hrvatski elektroenergetski sustav doista dograđen vjetroelektranama ukupne snage 1200 MW u 2020. godini, kada će ukupna netpotrošnja električne energije biti predvidivo (Strategijom) 25 TWh. Uz prosječno trajanje instalirane snage vjetroelektrana od 2000 sati godišnje, izlazi da bi njihova ukupna proizvodnja mogla biti 2,4 TWh. Koliko će stajati proizvodnja tih vjetroelektrana, iskazano današnjim novcem? (Djelovanjem inflacije na zajamčenu otkupnu cijenu, to će 2020. godine dakako biti daleko veći iznos, iskazan tadašnjim novcem!) Uz sadašnju garantiranu otkupnu cijenu iz vjetroelektrana od prosječno 72 lipa/kWh, trebat će za otkup vjetroelektrične proizvodnje ukupno 1,728 milijarda kuna. Dodatak što ga plaćaju svi kupci kao naknadu za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora samo radi vjetroelektrične proizvodnje dobijemo diobom tih 1,728 milijarda kuna s 25 milijarda kilovatsati neto potrošnje u 2020. godini. Dakle, taj će dodatak biti povećan sa sadašnjih 0,5 lipa/kWh na 6,9 lipa/kWh; bit će

učetnaeststručen – samo radi vjetroelektrana. A za 12 godina njihova pogona, u kolikom razdoblju vrijedi zajamčena cijena, bit će utrošeno za otkup njihove proizvodnje oko 20 milijarda (današnjih) kuna.<sup>28</sup>

---

<sup>28</sup> Vjetroelektrane cijena  
<[http://www.hkis.hr/Upload/Documents/EV/EV23/Prema%20vjetroelektranama\\_odmjereno.pdf](http://www.hkis.hr/Upload/Documents/EV/EV23/Prema%20vjetroelektranama_odmjereno.pdf)> (25.11.16.)



## 4. KITEGEN – RAZVOJ I PRINCIP RADA

### 4.1. Pojmovno određenje KiteGen-a

Ranih 90-tih godina Jack Colin je patentirao ideju o zračnom vjetroagregatu koji bi radio na principu samoodržavanja, odnosno na način da bi se dio uzgona rotora koristio za podržavanje težine samog vjetroagregata. Talijanski istraživač Massimo Ippolito ovu ideju pomaknuo je korak dalje kada je primijetio da je *kite* u stanju prikupiti veliku količinu energije i zaključio da bi se sličnim sustavom mogla proizvesti električna energija. Razvojem tehnologije ideja o pridobivanju električne energije iz energije vjetra na visokim nadmorskim visinama prerasla je u prve prototipe, pa je tako 2000. godine u Italiji osnovan istraživački centar u kojem se razvija projekt pod nazivom Kite Wind Generator Project, odnosno Kite Gen, a sam projekt i istraživanja vodi kompanija Sequoia Automation, iz Torina.<sup>29</sup>

Slika 15: Vjetroagregat KiteGen



Izvor: <http://kitegen.com/press/repository.html> (15.11.16.)

<sup>29</sup> Zelenko I., (2011), zračni vjetroagregati < <http://www.vjetroelektrane.com/vjetroelektrane-za-pocetnike/296-zracni-vjetroagregati> >

KiteGen je posljednje slovo u eksploataciji energije vjetra. Predstavlja novi i inovativni sistem koji je najefektivnije rješenje na tržištu obnovljivih izvora energije te predstavlja svojevrsni odgovor na svjetske energetske potrebe i probleme.<sup>30</sup>

Problem „hvatanja“ vjetra riješen je upotrebom velikih *kiteova*, vrlo sličnih onima koji se koriste za *kitesurf*, koji su kablovima usidreni na rotirajuću strukturu. *Kiteovi* lete po unaprijed određenoj putanji te se sila na kablove, kojima su usidreni, transformira u mehaničku torziju koja pokreće generator na tlu. Rotacija aerodinamičkog kitea oko vlastite osi zapravo imitira rad propelera koji rotacijom aktivira koloturni mehanizam na generatoru proizvodeći na taj način električnu energiju. Kretanje *kitea* prati se i određuje na tlu pomoću posebnog kompjutorskog programa te je njegove letove moguće automatski optimirati kako bi se iskoristila maksimalna snaga i proizvodnja električne energije, a u slučaju smetnji, kao što su nadolazeći helikopteri, mali avioni ili ptice, *kiteove* je moguće u samo nekoliko sekundi, preusmjeriti.

Slika 16: Vjetroagregat s nekoliko *Kiteova*



Izvor: <https://hawp.wikispaces.com/Main> (15.11.16.)

KiteGen je projekt tvrtke KiteGen koji je još uvijek u tijeku ispitivanja prototipa. Zanimljivost je ovog prototipa u tome što se sastoji samo od platnenog padobranskog krila takozvanog *zmaja* i dva kabla koja su povezana sa zemaljskim postrojenjem<sup>31</sup>. Zemaljsko

<sup>30</sup> KiteGen <<http://www.kitegen.com/en/about-2/>> (13.11.16.)

<sup>31</sup> KiteGen <[http://repozitorij.fsb.hr/5174/1/Andri%C4%87\\_2016\\_zavr%C5%A1ni\\_preddiplomski.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/5174/1/Andri%C4%87_2016_zavr%C5%A1ni_preddiplomski.pdf)> (13.11.16.)

postrojenje sastoji se rotacijskog mehanizma, električnih generatora i motora te kontrolne jedinice. Cijeli sustav također sadrži neku vrste pohrane električne energije u slučaju da nema mogućnost izravnog priključka na mrežu. *Zmaj* može dostići visinu i do 1000 metara, a sustav radi po sličnom principu kao i prethodni HAWK sustav. Zrak polako uzdiže *zmaj* dok motori laganim naizmjeničnim povlačenjem kablova *zmaja* tjeraju na gibanje u osmicu čime se smanjuje preopterećenost kablova. Tijekom uzdizanja *zmaja* i otpuštanjem kablova generira se putem generatora električna energija koja se pohranjuje u spremnik električne energije. Kada *zmaj* dostigne spoju maksimalnu visinu, tada se zaklopi, spušta na zemlju i vučom kablova vraća u prvobitni položaj. Ciklus se zatim ponavlja. Cijeli sustav može biti potpuno autonoman. Velika prednost ovog prototipa je što cijela površina *zmaja* aktivno sudjeluje u generiranju energije dok kod konvencionalnih vjetroturbina to čini samo oko 30% cijele vjetroturbine. Zbog toga je cijena instalacije po kWh značajno manja u odnosu na konvencionalne vjetroturbine, ali i sama težina uređaja za istu proizvodnu snagu.<sup>32</sup>

### Problem brzine vjetra kod vjetroelektrana

Pogodne i relativno konstantne brzine vjetra pri kojima bi tradicionalne vjetroelektrane mogle s dovoljnom učinkovitošću proizvoditi električnu energiju, nalaze se, nažalost, na rijetkim i često infrastrukturno izoliranim mjestima, što značajno poskupljuje njihovu izgradnju. Drugu mogućnost kojom se može doskočiti problemu pruža činjenica da prosječna brzina vjetra raste s visinom mjerenja, tako da je potrebno ići u što veće visine stupa i gondole klasične vjetrenjače što višestruko poskupljuje potpurnu konstrukciju i konačnu izvedbu vjetroelektrane. Treća mogućnost koja se otvara jest radikalni redizajn koncepta vjetroelektrane u odnosu na tradicionalnu izvedbu s rotorskim lopaticama i u tom smjeru je talijanska tvrtka **Kite Gen S.r.l.**, ponudivši radikalni novi koncept elektrane pokretane *zmajem*. **Kako radi jedinica pokretana *zmajem*?** U slučaju primjene *zmaja* koristi se sila uzgona koja podiže *zmaj* do visine od približno 800 metara. Za vrijeme uspona energija vjetra se pretvara uz pomoć spojne niti koja se odmatu u kružno gibanje i pokreće generator koji proizvodi električnu energiju. Nakon što se spojna nit u potpunosti istegne, počinje njezino namatanje pri čemu se u motorskom radu troši značajno manji dio energije od proizvedene i čitav se proces ciklički ponavlja.<sup>33</sup>

---

<sup>32</sup>KiteGen< [http://repozitorij.fsb.hr/5174/1/Andri%C4%87\\_2016\\_zavr%C5%A1ni\\_preddiplomski.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/5174/1/Andri%C4%87_2016_zavr%C5%A1ni_preddiplomski.pdf)> (13.11.16.)

<sup>33</sup> KiteGen <<http://www.zelenaenergija.org/clanak/nije-bajka-novi-koncept-vjetroelektrane-pokretane-zmajevima/150>> (13.11.16).

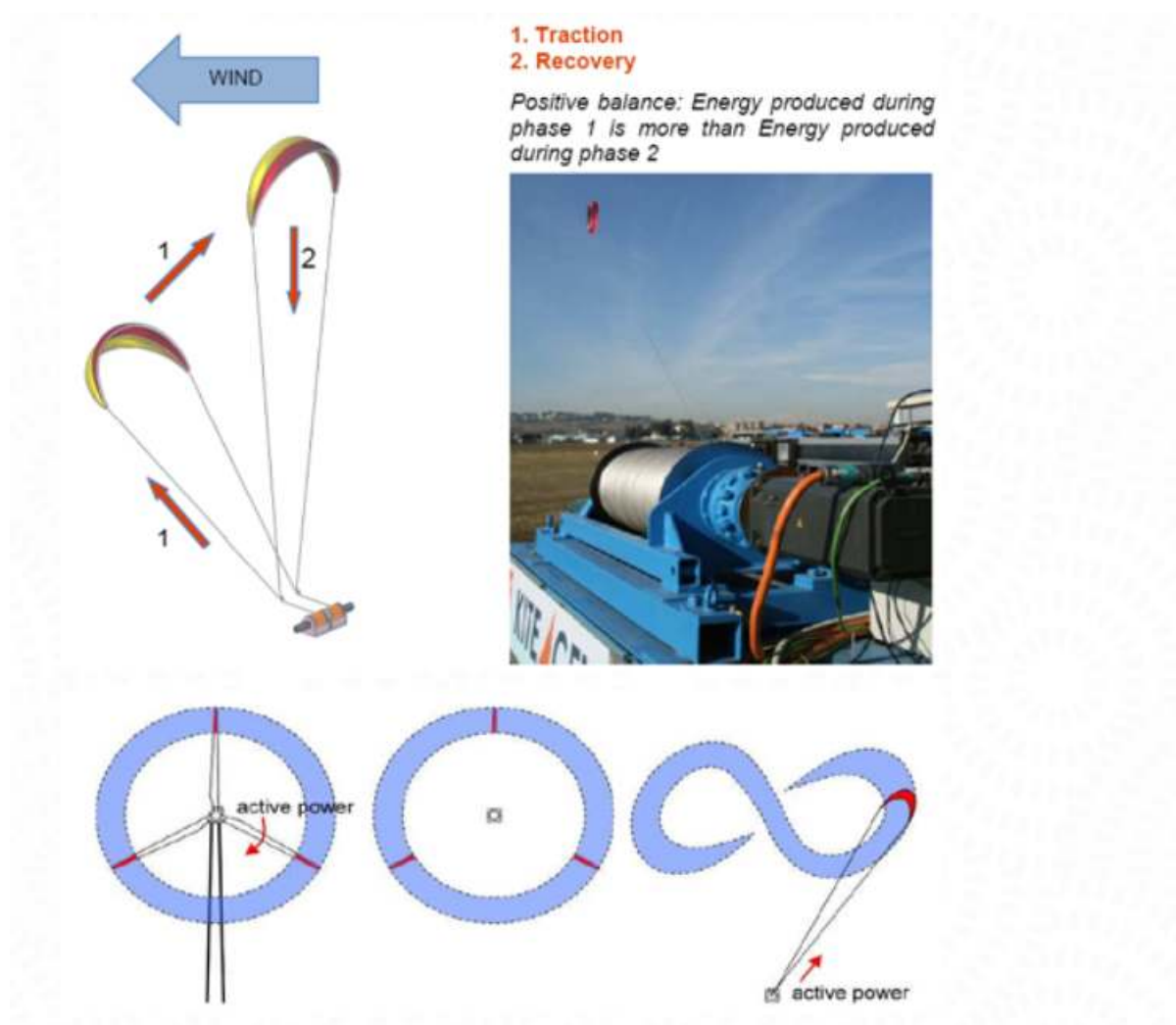
## 4.2. Vrste KiteGen-a

U nastavku su opisane vrste KiteGen-a :<sup>34</sup>

### 1. Kite Gen za primjenu na kopnu

Ovaj generator testiran je na visini od 800 metara te razvija snagu u prosjeku 5 kW, odnosno maksimalno 30 kW pri brzinama vjetra od 4,5m/s.

Slika 17: KiteGen za primjenu na kopnu



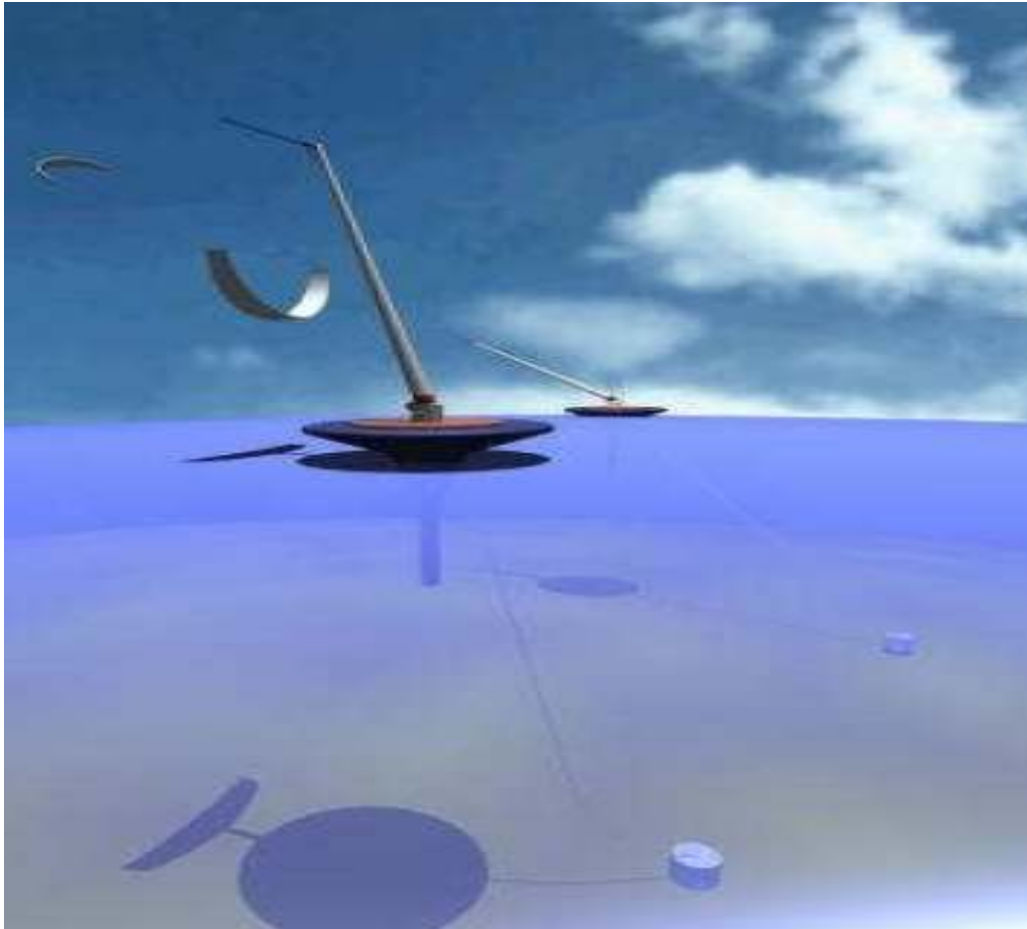
Izvor: Zelenko I., (2011), vjetroagregati,  
<http://www.vjetroelektrane.com/vjetroelektrane-za-pocetnike/296-zracni-vjetroagregati>  
(15.11.16.)

<sup>34</sup> Zelenko I., (2011) , zračni vjetroagregati < <http://www.vjetroelektrane.com/vjetroelektrane-za-pocetnike/296-zracni-vjetroagregati> >(13.11.16.)

## 2. KiteGen generator za primjenu na moru

Kod ovakvog tipa KiteGen-a pojavljuje se problem instaliranja plutajuće platforme zbog velikog potiska koji nastaje prilikom same operacije instaliranja. Za sada je izveden samo jedan prototip pod nazivom Blue H.

Slika 18: KiteGen za primjenu na moru

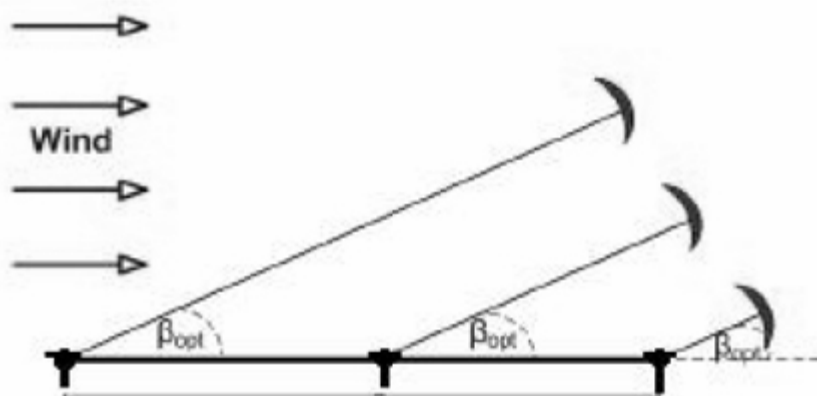


Izvor: Zelenko I., (2011) , vjetroagregati, <http://www.vjetroelektrane.com/vjetroelektrane-za-pocetnike/296-zracni-vjetroagregati> (15.11.16.)

## 3. KiteGen generator za kopnene i morske vjetroelektrane

Ovakav KiteGen sastoji se od nekoliko grupiranih generatora na određenom prostoru, a omogućava dobivanje veće količine energije na određenoj lokaciji. Generatori mogu biti postavljeni na udaljenost 100 metara jedan od drugoga, čime postižu 4 puta veću nominalnu proizvodnju od tradicionalnih vjetroagregata za istu zauzetu površinu. Mogu se primjenjivati i na kopnu i na moru.

Slika 19: KiteGen za kopnene i morske vjetroelektrane



Izvor: Zelenko I., (2011) , vjetroagregati, <http://www.vjetroelektrane.com/vjetroelektrane-za-pocetnike/296-zracni-vjetroagregati> (13.11.16.)

#### 4. Kite Gen generator namijenjen za mornaricu

Projekt je trenutno u razvoju, a financiran je od strane Europske unije. Mogao bi pružati energiju brodskim strojevima te električnu energiju samom brodu.



Slika 20: KiteGen namijenjen za mornaricu



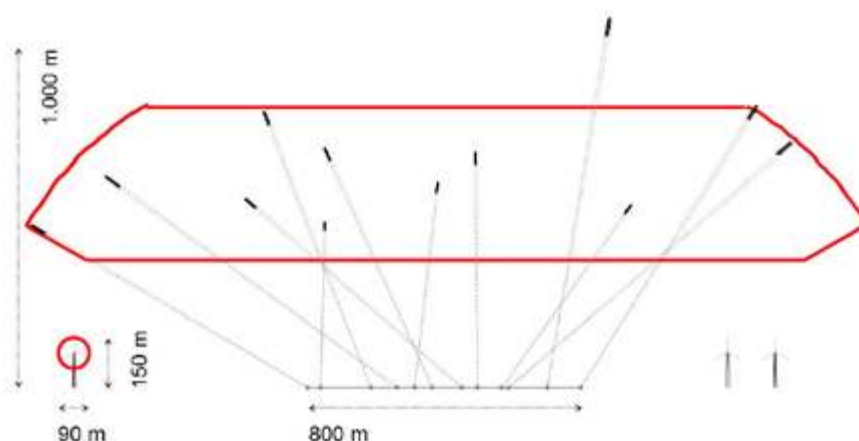
Izvor: Zelenko I., (2011) , vjetroagregati, <http://www.vjetrolektrane.com/vjetrolektrane-za-pocetnike/296-zracni-vjetroagregati> (13.12.16.)

## 5. KiteGen generator dizajniran kao „vrtuljak“ za primjenu na kopnu

Konfiguracija kombinira serije generatora spojene na jedan bazni modul, a napetost kablova održava se konstantnom te se duljina kablova mijenja kako bi se zadržala optimalna putanja. Prilikom kruženja kiteova na visini od 800 do 1000 metara vertikalne rotirajuće osi strukture aktiviraju alternator.

Maksimalna moguća veličina još uvijek se istražuje, ali prema prvim procjenama moguće je postignuti 1 GW sa promjerom približno 1600 metara.

Slika 21: KiteGen kao "vrtuljak" za primjenu na kopnu



Izvor: Zelenko I., (2011) , vjetroagregati, <http://www.vjetroelektrane.com/vjetroelektrane-za-pocetnike/296-zracni-vjetroagregati> (13.11.16.)

## 6. KiteGen generator dizajniran kao „vrtuljak“ za primjenu na moru

Ova vrsta generatora predstavlja posljednji korak za potpunu implementaciju Kite Gen projekta te pronalazi gotovo idealnu primjenu.

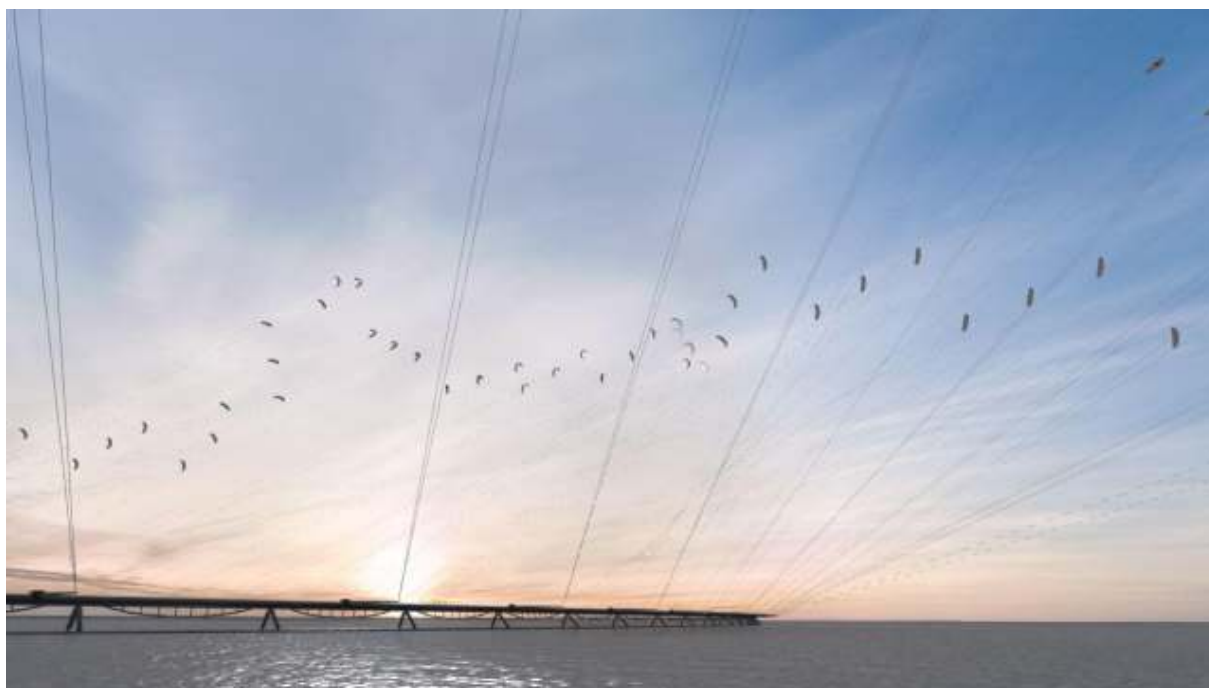
Financijska analiza za projekt elektrane snage 100 MW, na temelju proizvodnje električne energije u razdoblju od 20 godina, prikazuje trošak manji od 30 eura po MWh, bez uzimanja u obzir dodatnih smanjenja zbog smanjene emisije stakleničkih plinova. Takav trošak neusporedivo je manji od proizvodnje električne energije iz fosilnih goriva, pa čak i od



proizvodnje energije pomoću drugih obnovljivih izvora kao što su vjetroelektrane ili fotonaponske ćelije.

Osim nevjerojatno male cijene, KiteGen nema emisija CO<sub>2</sub>, niti toplinskih emisija te zauzima jako malo prostora, što znatno smanjuje negativan vizualni utjecaj na okoliš.<sup>35</sup>

Slika 22: KiteGen kao "vrtuljak" za primjenu na moru



Izvor: Zelenko I., (2011) , vjetroagregati,  
<http://www.vjetroelektrane.com/vjetroelektrane-za-pocetnike/296-zracni-vjetroagregati>  
(15.11.16.)

---

<sup>35</sup> Ibidem

## ZAKLJUČAK

Otkad čovjek postoji i živi na Zemlji, postoji potreba za iskorištavanjem različitih energenata za dobivanje korisne energije. Sukladno stupnju razvoja civilizacije, u različitim su se epohama koristili određeni energenti, a s daljnjim je razvojem njihova uporaba ili rasla ili padala. Od najranijih dana, čovjeku je bilo dostupno drvo, koje je koristio kako za izradu različitih predmeta, za lov, tako i za dobivanje toplinske energije, odnosno za ogrjev. U takvoj primjeni zadržan je i dandanas u kućanstvima, no ipak u znatno manjoj mjeri, s obzirom na to da su njegovu uporabu istisnuli drugi energenti. Uslijedila je pojačana uporaba ugljena, koji je kroz niz godina okarakteriziran kao zagađivač, no primjena ne jenjava.

Nafta je danas izvor energije o kojemu ovise sva svjetska gospodarstva, stoga je logičan slijed događanja, da uslijed promjena cijene nafte, dolazi do poremećaja na globalnom nivou. U suvremeno doba, prisutan je rast cijena nafte, što dovodi do pada BDP-a onih zemalja koje uvoze naftu i ovise o istoj. Nadalje, povećanjem cijena nafte raste i razina cijena svih onih proizvoda čija proizvodnja ovisi o cijeni nafte, bilo da se ona koristi u samom procesu proizvodnje ili u transportu do prodajnih mjesta. Ova činjenica je nepobitna i sve zemlje trebaju poraditi na smanjivanju svoje ovisnosti o naftnim derivatima kako bi ublažile i učinke njezine promjene cijene. Treba se okrenuti alternativnim izvorima energije te na taj način smanjivati svjetsku potražnju za naftom. Istovremeno, zemlje u kojima su koncentrirane najveće količine zaliha sirove nafte, porastom cijene nafte uvelike profitiraju jer izvozom iste ostvaruju veći BDP.

U primjeni je još i nuklearna energija, koja se koristi u manjem postotku, a sve se veće nade polažu u obnovljive izvore energije kao što su vodena energija, Sunčevo zračenje, vjetar, drvo, biomasa, plima i oseka, morske struje i valovi te toplina mora. One su temelj za održivi razvoj i njihove su zalihe neiscrpne jer su obnovljivi izvori energije.

U posljednjih 30 godina karakteristično je da je rasla potrošnja nafte te se razvija tendencija o pojačanoj potrošnji i proizvodnji energije iz obnovljivih izvora.

Iako je čovjek nekada živio gotovo u simbiozi s prirodom, danas je njihov odnos narušen u mnogočemu. Suvremena civilizacija u nastojanju da stvori što veće profite, da razvija industrije i jača svoja gospodarstva, zanemarila je ono najvažnije. Zanemarila je brigu

za okoliš i svoju ekološku svijest, pa se zbog toga cijena uspjeha pojedinih kompanija i industrija plaća uništenjem okoliša. No ništa nije neiscrpno, pa tako i priroda ima svoje granice. Navedena nebriga sve jasnije vodi prema samouništenju čovjeka jer konstantnim zagađivanjem čovjek zagađuje i svoje najbliže okruženje u kojemu živi i djeluje, a time si sužava svoj životni prostor, koji će u budućnosti sve manje i manje zadovoljavati kriterije prostora za život. Situacija je alarmantna i zadnji su trenutci da se prekine, odnosno postupno smanjuje nemilosrdno uništavanje prirode, kako bi se izbjegle ekološke katastrofe većih razmjera. Ekološku politiku treba ugraditi u poslovne politike poduzeća i očuvanje okoliša mora postati prioritetni strateški cilj, a ne samo puka formalnost.

Budući da zbog geografskoga položaja Republike Hrvatske i Istarske županije postoji velika mogućnost za razvoj vjetroelektrana, samim time i za razvoj pokrenutoga projekta KiteGen-a, ovim je radom potvrđena postavljena hipoteza.

Kako na području Istarske županije nije u planu razvoj nekog oblika vjetroelektrane (plan razvoja vjetroelektrana), sudjelovanjem studenata Politehnike Pula (preddiplomski stručni studij Politehnike, posebice kolegij Elektrotehnika i Specijalistički stručni studij „Kreativni menadžment u procesima“, kolegij Energetska Učinkovitost) u projektu i prezentiranjem mogućnosti razvoja različitih projekata KiteGen-a realnom sektoru (Uljanik, Tehnomont), pružila bi se prilika praktičnom razvoju ovog projekta kroz otvaranje niza novih sofisticiranih podprojekata, koji bi imali veliki učinak na razvoj gospodarstva na ovome području. Uključivanjem regionalne i lokalne samouprave u razvoj projekata (kroz osiguranje prostora, uvođenje u županijski prostorni plan područja razvoja vjetroelektrana, financijsku podršku razvoja školstva), postigao bi se i dodatni društveno-socijalni učinak. Zapošljavali bi se prvenstveno mladi stručni ljudi, koji su se ovdje školovali i ostajali bi raditi u svome zavičaju. Time bi se opravdala i teza da ulaganje u mlade i znanost jest siguran put do uspjeha stvaranja i razvoja lokalnoga gospodarstva.

## POPIS LITERATURE

1. Granić G., Kako promišljati energetska budućnost?, Dnevnik, Zagreb, 2010.
2. Obnovljivi izvori energije,  
[http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/habjanac/Obnovljivi\\_izvori.html](http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/habjanac/Obnovljivi_izvori.html)
3. Obnovljivi izvori energije, <http://www.g4g.com.hr/e-prirucnik/2-6.html>
4. Fotonaponske elektrane,  
<http://www.eoling.net/ELEnergiya/Fotonaponskeelektrane/tabid/99/language/hr-HR/Default.aspx>
5. Baraka, L.: Biodizel-regulativa i smjerovi proizvodnje, 1 EGE : energetika, gospodarstvo, ekologija, etika, 16 (2008), 2 ; str. 152-155, 1993.
6. Uredba o kakvoći biogoriva, Narodne novine (NN) 141/05
7. Obnovljivi izvori energije, <http://www.croenergo.eu/U-Hrvatskoj-je-u-pogonu-1070-elektrana-na-obnovljive-izvore-energije-instalirane-snage-412594-MW-25209.aspx>
8. Obnovljivi izvori energije, <http://www.obnovljivi.com/aktualno/2704-udio-obnovljivih-izvora-energije-u-potrosnji-energije-na-14-u-eu-2012-godine>
9. Dragičević, A., Ekonomski leksikon, Informator, Zagreb, 1991., str. 174-175
10. Matić M., Energetska ekonomija u praksi, Školska knjiga, Zagreb, 2003., str. 186
11. Vjetroelektrana, <http://hr.wikipedia.org/wiki/Vjetroelektrana>
12. Vjetroelektrane u Hrvatskoj u 2013. godini,  
<http://www.vjetroelektrane.com/aktualno/1047-vjetroelektrane-u-hrvatskoj-u-2013>
13. Zelenko I., (2011) , vjetroagregati, <http://www.vjetroelektrane.com/vjetroelektrane-za-pocetnike/296-zracni-vjetroagregati>
14. KiteGen, <http://www.kitegen.com/en/about-2/>
15. KiteGen, [http://repozitorij.fsb.hr/5174/1/Andri%C4%87\\_2016\\_zavr%C5%A1ni\\_prediplomski.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/5174/1/Andri%C4%87_2016_zavr%C5%A1ni_prediplomski.pdf)
16. Zračni zmajevi, <http://www.zelenaenergija.org/clanak/nije-bajka-novi-koncept-vjetroelektrane-pokretane-zmajevima/150>
17. Vjetroagregati,  
<http://eoling.sistemi.hr/ELEnergiya/Vjetroagregati/tabid/101/language/hr-HR/Default.aspx>

## Internet

- 1.< [http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/habjanac/Obnovljivi\\_izvori.html](http://web.zpr.fer.hr/ergonomija/2004/habjanac/Obnovljivi_izvori.html)>
- 2.< <http://www.obnovljivi.com/geotermalna-energija/67-iskoristavanje-geotermalne-energije-u-energetici?showall=1>>
- 3.< [http://powerlab.fsb.hr/enerpedia/index.php?title=Ostali\\_izvori](http://powerlab.fsb.hr/enerpedia/index.php?title=Ostali_izvori)>
- 4.< <http://www.tehno-dom.hr/obnovljivi-izvori-energije/more>>
- 5.< <http://www.trajnostnaenergija.si/Trajnostna-energija/Proizvajajte/Obnovljivi-viri-energije/Vrste-obnovljivih-virov-energije/Vodna-energija> >
- 6.< <http://sibenskiportal.rtl.hr/2014/06/05/foto-od-vjetra-iznad-danila-kraljice-otvorena-najveca-vjetroelektrana-u-hrvatskoj/>>
- 7.< <http://lajkeri.com/evo-koliko-nam-prostora-treba-za-opskrbu-zemlje-elektricnom-energijom-uz-pomoc-sunca/>>
- 8.< <http://www.g4g.com.hr/e-prirucnik/2-6.html>>
- 9.< <http://www.eoling.net/EL/Energija/Fotonaponskeelektreane/tabid/99/language/hr-HR/Default.aspx>>
- 10.< <http://cleangreenenergyzone.com/all-about-biomass/>>
- 11.< <https://www.themajka.com/viewtopic.php?t=1503>>
- 12.<<http://www.slideshare.net/Diklic/nain-dobivanja-elektreine-energije-pomou-gorivnih-elija-i>>
- 13.< [http://www.fzoeu.hr/hr/energetska\\_ucinkovitost/obnovljivi\\_izvori\\_energije/](http://www.fzoeu.hr/hr/energetska_ucinkovitost/obnovljivi_izvori_energije/)>
- 14.< <http://www.croenergo.eu/U-Hrvatskoj-je-u-pogonu-1070-elektrana-na-obnovljive-izvore-energije-instalirane-snage-412594-MW-25209.aspx>>
- 15.<<http://www.obnovljivi.com/aktualno/2704-udio-obnovljivih-izvora-energije-u-potrosnji-energije-na-14-u-eu-2012-godine>>
- 16.< <https://ekoloskaekonomija.wordpress.com/2016/01/06/obnovljivi-izvori-u-hrvatskoj-stanje-31-prosinca-2015-i-perspektiva-za-2018/>>
- 17.< <http://www.theenergycollective.com/gail-tverberg/2179611/oil-and-economy-where-are-we-headed-2015-16>>
- 18.<<http://www.brodosplit.hr/tabid/1512/articleType/ArticleView/articleId/1175/BRODOSPLIT-UGOVORIO-GRADNJU-STUPA-ZA-VJETROAGREGAT.aspx>>

19. <<http://hr.wikipedia.org/wiki/Vjetroelektrana>>
20. <<http://eoling.sistemi.hr/ELEnergiya/Vjetroagregati/tabid/101/language/hr-HR/Default.aspx>>
- 22.< <http://www.vjetroelektrane.com/aktualno/1047-vjetroelektrane-u-hrvatskoj-u-2013>>
- 23.< <https://oie-aplikacije.mingo.hr/InteraktivnaKarta/>>
- 24.< [http://www.mingo.hr/userdocsimages/energetika/NAP\\_OIE.pdf](http://www.mingo.hr/userdocsimages/energetika/NAP_OIE.pdf)>
- 25.< <http://www.vjetroelektrane.com/aktualno/2060-trosak-cijena-i-vrijednost-energije-vjetra-2-dio>>
- 26.<[http://www.hkis.hr/Upload/Documents/EV/EV23/Prema%20vjetroelektranama\\_odmjere\\_no.pdf](http://www.hkis.hr/Upload/Documents/EV/EV23/Prema%20vjetroelektranama_odmjere_no.pdf)>
- 27.< <http://kitegen.com/press/repository.html>>
28. < <http://www.vjetroelektrane.com/vjetroelektrane-za-pocetnike/296-zracni-vjetroagregati>>
- 29.< <https://hawp.wikispaces.com/Main>>
- 30.< <http://www.kitegen.com/en/about-2/>>
- 31.>[http://repozitorij.fsb.hr/5174/1/Andri%C4%87\\_2016\\_zavr%C5%A1ni\\_preddiplomski.pdf](http://repozitorij.fsb.hr/5174/1/Andri%C4%87_2016_zavr%C5%A1ni_preddiplomski.pdf)>
- 32.< <http://www.zelenaenergija.org/clanak/nije-bajka-novi-koncept-vjetroelektrane-pokretane-zmajevima/150>>

## POPIS PRILOGA

### Popis slika

Slika 1: Princip rada geotermalne elektrane .....	8
Slika 2: Princip rada elektrane na valove .....	9
Slika 3: Princip rada elektrane na valove .....	10
Slika 4: Princip rada hidroelektrane .....	11
Slika 5: Vjetroagregat.....	12
Slika 6: Sunčevi kolektori za proizvodnju električne energije .....	14
Slika 7: Klasifikacija fotonaponskih sustava.....	15
Slika 8: Ciklus stvaranja biomase.....	17
Slika 9: Biodizel .....	19
Slika 10: Proizvodnja vodika .....	22
Slika 11: Udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji energije u svijetu.....	27
Slika 12: Vjetroagregat.....	28
Slika 13: Vjetroagregati u pogonu na području RH .....	33
Slika 14: Vjetroagregati u planu na području RH .....	34
Slika 15: Vjetroagregat KiteGen .....	41
Slika 16: Vjetroagregat s nekoliko <i>Kiteova</i> .....	42
Slika 17: KiteGen za primjenu na kopnu .....	44
Slika 18: KiteGen za primjenu na moru.....	45
Slika 19: KiteGen za kopnene i morske vjetroelektrane .....	46
Slika 20: KiteGen namijenjen za mornaricu .....	47
Slika 21: KiteGen kao "vrtuljak" za primjenu na kopnu .....	48
Slika 22: KiteGen kao "vrtuljak" za primjenu na moru.....	49

### Popis tablica

Tablica 1: Postrojenja obnovljivih izvora energije u RH .....	24
Tablica 2: Planirana postrojenja obnovljivih izvora energije u RH .....	25
Tablica 3: Udio obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji energije u EU .....	26
Tablica 4: Vjetroelektrane u RH.....	32